



**TUGAS AKHIR - TM 141585**

**APLIKASI CAM NX *MACHINING* PADA PEMBUATAN  
*DIES* UNTUK SELONGSONG PELURU KALIBER 20 MM**

**HERU SETYAWAN ABRIYANTO**  
**NRP. 2113 106 048**

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng

**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2016**



**FINAL PROJECT - TM 141585**

# **APPLICATION OF CAM NX MACHINING FOR MANUFACTURING PROCESS OF DIE FOR 20 MILLIMITERS CALIBER CARTRIDGE CASE**

**HERU SETYAWAN ABRIYANTO**  
**NRP. 2113 106 048**

**Academic Advisor**  
**Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng**

**DEPARTMENT MECHANICAL ENGINEERING**  
**Faculty of Industrial Technology**  
**Sepuluh Nopember Institute of Technology**  
**Surabaya 2016**

**APLIKASI CAM NX MACHINING PADA  
PEMBUATAN DIES UNTUK SELONGSONG PELURU  
KALIBER 20 MM**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Manufaktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**HERU SETYAWAN ABRIYANTO**  
NRP. 2113 106 048

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr.Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.  
(NIP. 195811061986011002)

2. Prof. Dr. Ing. Suhardjono, M.Sc  
(NIP. 196206041987011001)

3. Ir. Sampurno, MT  
(NIP. 196504041989031002)

4. Dinny Harnany, ST, MSc  
(NIP. 2100201405001)



(Pembimbing)

(Penguji I)

(Penguji II)

(Penguji III)

26/01-2016

**SURABAYA**

**Januari, 2016**

# **APLIKASI CAM NX *MACHINING* PADA PEMBUATAN *DIES* UNTUK SELONGSONG PELURU KALIBER 20 MM**

**Nama Mahasiswa : Heru Setyawan Abriyanto**  
**NRP : 2113106048**  
**Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS**  
**Pembimbing : Prof. Dr. Ing. I Made Londen B., M.Eng**

## **ABSTRAK**

*NX Machining* merupakan salah satu fitur dari perangkat lunak NX Siemen berbasis CAD/CAM yang ada di laboratorium CAE jurusan Teknik Mesin ITS, yang selanjutnya akan dimanfaatkan untuk membuat program *G Code* proses pemesinan *die* untuk proses *ironing* selongsong peluru kaliber 20 mm.

Proses pembuatan *G Code* pada *NX Machining* diawali dengan proses simulasi. Pada proses simulasi hal-hal yang perlu dilakukan diantaranya adalah membuat gambar CAD komponen, menentukan jenis mesin, ukuran *raw* material, jenis dan ukuran pahat potong, pemrograman operasi pemesinan, serta memverifikasi proses pemesinan yang dibutuhkan. Untuk mengevaluasi apakah program *G Code* telah sesuai dengan yang dibutuhkan, dilakukan proses *running test G Code*. Selanjutnya dilakukan proses pembuatan *die* pada mesin CNC *Turning* Leadwell LTC 20 B, kemudian dilanjutkan dengan proses pemeriksaan ukuran geometri dan dimensi *die* tersebut dengan alat ukur jangka sorong dan *bevel protactor*.

Dari penelitian tugas akhir ini dapat disimpulkan bahwa perangkat lunak CAM *NX Machining* dapat diaplikasikan dalam pembuatan *G Code* untuk proses pemesinan *die* untuk selongsong peluru kaliber 20 mm, dan dari hasil pemeriksaan ukuran diketahui

bahwa dimensi dan geometri *die* hasil proses pemesinan telah memenuhi rancangan.

***Kata kunci:*** CAD/CAM, CNC, *die set*, G Code, selongsong peluru.

# **APPLICATION OF CAM NX MACHINING FOR MANUFACTURING PROCESS OF DIE FOR 20 MILLIMITERS CALIBER CARTRIDGE CASE**

**Name : Heru Setyawan Abriyanto**  
**NRP : 2113106048**  
**Major : Mechanical Engineering FTI-ITS**  
**Supervisor : Prof. Dr. Ing. I Made Londen B., M.Eng**

## **ABSTRACT**

*NX Machining is one of features of CAD/CAM software-based NX Siemens which have installed at CAE laboratory Department of Mechanical Engineering of ITS, which would be used to create G Code program for machining process of die for ironing process 20 mm caliber cartridge case.*

*In NX Machining, the process to generate G Code begins with simulation process. There are several things to do in the process of simulation including create the CAD drawings of components, determine type of machine, the size of raw material, type and size of the cutting tool, programming machining operations, and verify the required machining process. Running test process performed to evaluate whether the G Code program has been suitable with what is needed at CNC machine or not. After G Code program is correct, then the manufacturing process of die performed on CNC Turning machines Leadwell LTC 20 B, and then proceed with inspection of geometry and dimensions of die with caliper and bevel protactor.*

*The result of this research shown that NX Machining can be applied to create G Code program for machining process of die for 20 mm caliber cartridge case, and the results of inspection have known that the dimensions and geometry of die have fulfilled the design.*

**Keywords:** CAD/CAM, CNC, die set, G Code, cartridge case

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur penulis curahkan sepenuhnya kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya tugas akhir ini dapat terselesaikan. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan dalam penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung baik secara moril maupun materiil dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, antara lain:

1. Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M. Eng. selaku dosen pembimbing dalam penulisan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua tersayang, Bapak Ngadino dan Ibu Suparti. Atas segala perhatian, dukungan, motivasi, pengertian dan kesabaran yang telah diberikan selama ini.
3. Kakak dan adik tercinta Suryawan Aji Nugroho dan Anggit Prasetyo yang selalu mendukung dalam penyelesaian tugas akhir ini
4. Prof. Dr. Ing. Suhardjono, M.Sc, Ir. Sampurno, MT, Dinny Harnany, ST, MSc, selaku dosen penguji Tugas Akhir atas bimbingan dan sarannya.
5. Seluruh dosen dan karyawan jurusan Teknik Mesin ITS
6. Teman-teman Lintas Jalur angkatan 2013/2014, terimakasih atas dukungan dan bantuannya selama ini
7. Mas Gandi, Mas Idiar, Pak Candra, Pak Thomas, dan Pak Mizdi yang telah memberikan banyak masukan dan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teman-teman anggota Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh karena itu saran dan masukan dari



semua pihak sangat diharapkan. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2016

Penulis,

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xix
 BAB I PENDAHULUAN .....	 1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	 7
2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 Selongsong Peluru .....	8
2.3 Spesifikasi Bahan CuZn30 .....	8
2.4 Proses <i>Ironing</i> .....	8
2.5 <i>Computer Aided Design</i> .....	9
2.6 <i>Computer Aided Manufacturing</i> .....	10
2.7 <i>CAD/CAM</i> .....	11
2.8 Mesin <i>Computer Numerical Control (CNC)</i> .....	15
2.9 Pemrograman <i>CNC</i> .....	15
2.10 Proses <i>Milling</i> .....	16
2.11 Proses <i>Turning</i> (Bubut) .....	17
2.12 Proses Gurdi ( <i>Drilling</i> ) .....	18
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	 21
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	21

3.2 Langkah-Langkah Penelitian .....	22
3.2.1 Studi Literatur dan Lapangan .....	22
3.2.2 Kajian dan Penentuan <i>Dies Set</i> .....	23
3.2.3 Pembuatan Gambar Model CAD dengan NX Siemens .....	23
3.2.4 Proses Simulasi CAM pada NX <i>Machining</i> .....	24
3.2.5 Pembuatan <i>G Code</i> dengan NX <i>Machining</i> .....	35
3.2.6 <i>Running Test G Code</i> pada Mesin CNC .....	35
3.2.7 Proses Pembuatan Benda Kerja .....	36
3.2.8 Kesimpulan dan Saran .....	36
BAB IV PROSES SIMULASI CAM DAN PEMBUATAN	
<i>G CODE</i> .....	37
4.1 Simulasi Pembuatan Benda Kerja <i>Die 1</i> Sisi Depan dengan CAM NX <i>Machining</i> .....	37
4.1.1 Memilih <i>File</i> Gambar CAD Dari Benda Kerja yang Akan Dibuat .....	37
4.1.2 Memilih Jenis Mesin yang Akan Digunakan .....	37
4.1.3 Menentukan Geometri Benda Kerja ( <i>Part</i> <i>geometry</i> ) dan <i>Raw Material (Blank Geometry)</i> ..	38
4.1.4 Menentukan Daerah Tubrukan ( <i>Collision Zones</i> )	40
4.1.5 Menentukan Pahat Potong yang Akan Digunakan .....	41
4.1.6 Pemrograman Operasi Pemesinan .....	42
4.1.6.1 Langkah-langkah Proses Pemotongan .....	42
4.1.6.2 Perhitungan Parameter Proses Pemesinan ....	45
4.1.7 Verifikasi Operasi Pemesinan .....	60
4.2 Pembuatan <i>G Code</i> Pemesinan <i>Die 1</i> dengan NX <i>Machining</i> .....	61
4.3 <i>Running Test G Code</i> Pemesinan <i>Die 1</i> Sisi Depan pada Mesin CNC .....	68
4.4 Proses Simulasi CAM dan Pembuatan <i>G Code</i> Pemesinan <i>Die 1</i> Sisi Belakang .....	71
BAB V PROSES PEMBUATAN BENDA KERJA .....	
	79

5.1 Langkah Persiapan Pemesinan.....	79
5.1.1 Persiapan Mesin.....	79
5.1.2 Persiapan Benda Kerja.....	81
5.1.3 Persiapan Peralatan Pendukung.....	82
5.2 <i>Setting</i> Benda Kerja.....	82
5.3 Proses Pemesinan.....	84
5.3.1 Proses Pemesinan <i>Die</i> 1 Sisi Depan.....	84
5.3.2 Proses Pemesinan <i>Die</i> Sisi Belakang.....	85
5.4 Pemeriksaan Geometri dan Dimensi Benda Kerja ...	87
 BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	 93
6.1 Kesimpulan.....	93
6.2 Saran.....	94
 DAFTAR PUSTAKA.....	 95
LAMPIRAN A.....	97
LAMPIRAN B.....	109
BIODATA PENULIS.....	137

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.(a)	Komponen peluru .....	1
Gambar 1.1.(b)	Tahapan Proses Pembuatan Selongsong Peluru .....	1
Gambar 1.2	Rangka mesin .....	2
Gambar 1.3	Rencana Geometri <i>Cup</i> Proses <i>Ironing</i> .....	3
Gambar 2.1	Bagian-Bagian Selongsong Peluru .....	8
Gambar 2.2	Proses <i>Ironing</i> .....	9
Gambar 2.3	Contoh Tampilan MasterCAM .....	12
Gambar 2.4	Contoh Tampilan FeatureCAM pada Perangkat Lunak SolidWorks.....	13
Gambar 2.5	Contoh Tampilan SolidCAM pada Perangkat Lunak SolidWorks.....	14
Gambar 2.6	Prinsip Kerja Proses <i>Milling</i> .....	16
Gambar 2.7	Prinsip Kerja Proses <i>Bubut</i> .....	17
Gambar 2.8	Prinsip Kerja Proses <i>Gurdi</i> .....	18
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 3.2	Diagram Alir Proses Simulasi CAM NX <i>Machining</i> .....	25
Gambar 3.3	Penentuan Gambar CAD Metode Pertama ...	26
Gambar 3.4	Penentuan gambar CAD Metode Kedua .....	27
Gambar 3.5	Tampilan Menu <i>Machining Environment</i> .....	28
Gambar 3.6	Tampilan Menu <i>WORKPIECE</i> .....	29
Gambar 3.7	Tampilan Menu <i>AVOIDANCE</i> .....	30
Gambar 3.8	Tampilan Menu <i>CONTAINMENT</i> .....	31
Gambar 3.9	Tampilan Menu <i>Create Tool</i> .....	32
Gambar 3.10	Tampilan Menu <i>Create Operation</i> .....	34
Gambar 3.11	Tampilan Menu <i>Verify Tool Path</i> .....	34
Gambar 3.12	Tampilan Menu <i>Post Process</i> .....	35
Gambar 4.1	Gambar CAD <i>Die 1</i> .....	37
Gambar 4.2	Pengaturan <i>Machining Environment</i> Proses Simulasi CAM <i>Die 1</i> .....	38
Gambar 4.3	Skema Pencekaman Benda Kerja <i>Die 1</i> Sisi	

	Depan .....	39
Gambar 4.4	Gambar CAD <i>Raw Material Die</i> 1 Sisi Depan .....	39
Gambar 4.5	Pemilihan Benda Kerja <i>Dies</i> 1 Sisi Depan dan <i>Raw Material</i> .....	40
Gambar 4.6	Pengaturan Titik <i>Default Start Point</i> dan <i>Axial Limit</i> .....	40
Gambar 4.7	Pengaturan Jarak Batas <i>Containment</i> .....	41
Gambar 4.8	Daftar Pahat Potong Dan Nilai Kompensasinya Pada <i>Toolpost</i> Mesin CNC .....	43
Gambar 4.9	Skema Proses Pemesinan <i>Die</i> 1 Sisi Depan ..	43
Gambar 4.10	Daftar Operasi Pemesinan <i>Die</i> 1 Sisi Depan.	45
Gambar 4.11	Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan <i>Feeding</i> untuk Proses <i>Roughing Facing</i> .....	47
Gambar 4.12	Skema Proses <i>Drilling</i> dengan <i>Center Drill</i> .	47
Gambar 4.13	Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan <i>Feeding</i> Serta <i>Cycle Drilling</i> untuk Proses <i>Center Drill</i> .....	49
Gambar 4.14	Skema Proses <i>Drilling</i> dengan <i>Twistdrill</i> Ø 12 mm.....	49
Gambar 4.15	Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan <i>Feeding</i> Serta <i>Cycle Drilling</i> untuk Proses <i>Drilling</i> Diameter 12 mm .....	51
Gambar 4.16	Skema Proses <i>Drilling</i> dengan <i>Twistdrill</i> Ø 20 mm.....	52
Gambar 4.17	Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan <i>Feeding</i> Serta <i>Cycle Drilling</i> untuk Proses <i>Drilling</i> Diameter 20 mm.....	53
Gambar 4.18	Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan <i>Feeding</i> untuk Proses <i>Roughing Boring</i> .....	54
Gambar 4.19	Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan <i>Feeding</i> untuk Proses <i>Finishing Boring</i> .....	56
Gambar 4.20	Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan <i>Feeding</i> untuk Proses <i>Roughing</i> Diameter Luar .....	57
Gambar 4.21	Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan <i>Feeding</i>	

	untuk Proses <i>Finishing Facing</i> .....	58
Gambar 4.22	Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan <i>Feeding</i> untuk Proses <i>Finishing Bubut Luar</i> .....	60
Gambar 4.23	Proses Simulasi untuk Memverifikasi Gerakan Pahat Operasi Pemesinan <i>Die 1 Sisi depan</i> ...	60
Gambar 4.24	<i>Library Program</i> untuk Mesin CNC <i>Turning</i> pada NX/PostBuilder .....	61
Gambar 4.25	Tampilan Awal NX/Post Builder pada Saat Proses Modifikasi <i>Post-processor</i> .....	62
Gambar 4.26	Tampilan <i>Operation Start Sequence</i> pada NX/Post Builder .....	63
Gambar 4.27	Tampilan Awal Penambahan Blok Operasi ..	63
Gambar 4.28	Pengaturan Sifat <i>Non Modal</i> Pada G75 .....	65
Gambar 4.29	Tampilan Akhir Penambahan Blok Operasi .	65
Gambar 4.30	Tampilan Siklus Blok Pergantian Pahat Potong Setelah Dimodifikasi .....	66
Gambar 4.31	Tampilan <i>Program End Sequence</i> pada NX/Post Builder .....	66
Gambar 4.32	Tampilan Siklus <i>Blok End of Program</i> Setelah Dimodifikasi .....	67
Gambar 4.33	Hasil <i>Backplot G Code</i> Proses Pemesinan <i>Die 1 Sisi Depan</i> pada Perangkat Lunak CIMCO Edit .....	70
Gambar 4.34	<i>Backplot</i> Pergerakan Pahat pada <i>Running Test</i> Proses Pemesinan <i>Die 1 Sisi Depan</i> Di Mesin CNC .....	70
Gambar 4.35	Gambar CAD <i>Die 1 Sisi Belakang</i> dan <i>Raw Material</i> .....	71
Gambar 4.36	Skema Proses Pemesinan <i>Die 1 Sisi Belakang</i> .....	72
Gambar 4.37	Daftar Operasi Pemesinan <i>Die 1 Sisi Belakang</i> .....	73
Gambar 4.38	Hasil <i>Backplot G Code</i> Proses Pemesinan <i>Die 1 Sisi Belakang</i> pada Perangkat Lunak CIMCO Edit .....	77



Gambar 5.1	CNC <i>Turning</i> Leadwell LTC 20 B .....	79
Gambar 5.2	Tampilan <i>Toolpost</i> Setelah Proses Pemasangan Pahat .....	81
Gambar 5.3	<i>Raw Material Die</i> 1 .....	82
Gambar 5.4.(a)	Hasil Pembubutan Profil Pencekaman .....	84
Gambar 5.4.(b)	Kondisi Benda Kerja Saat Pencekaman .....	84
Gambar 5.5	Benda Kerja Setelah Proses Pemesinan Sisi Depan .....	85
Gambar 5.6	Pengecekan Ukuran Permukaan Diameter Dalam .....	85
Gambar 5.7	Proses Penyetingan Kedataran Sumbu Putar Benda Kerja dengan Dial Indikator .....	86
Gambar 5.8	Tampilan Benda Kerja Setelah Proses Pemesinan <i>Die</i> Sisi Belakang .....	86
Gambar 5.9.(a)	Pembagian Permukaan Sisi Depan <i>Die</i> 1 .....	88
Gambar 5.9.(b)	Pembagian Permukaan Sisi Belakang <i>Die</i> 1 .....	88
Gambar 5.10.(a)	Pengukuran Profil Ø39 mm .....	88
Gambar 5.10.(b)	Pengukuran Profil Ø41.4 mm. ....	88
Gambar 5.11.(a)	Pemeriksaan Ketirusan Sudut 20° dengan Menggunakan <i>Bevel Protactor</i> .....	89
Gambar 5.11.(b)	Pemeriksaan Ketirusan Sudut 15° dengan Menggunakan <i>Bevel Protactor</i> . ....	89
Gambar 5.12	Skema Pemeriksaan Profil Kedalaman 10 mm dan 18 mm .....	89

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Mechanical Properties</i> CuZn30.....	8
Tabel 2.2	Daftar Pengurangan Nilai Kecepatan <i>Spindle</i> dan <i>Feed</i> pada Proses <i>Drilling Deep Hole</i> .....	20
Tabel 3.1	Komponen <i>Die Set</i> Dan Materialnya .....	24
Tabel 3.2	Komponen dan Aksesori Konstruksi <i>Die Set</i> yang Tidak Dibuat.....	24
Tabel 4.1	Daftar Pahat Potong yang Digunakan Pada Pembuatan <i>Die 1</i> .....	42
Tabel 4.2	Perbandingan Siklus Program Pergantian Pahat Hasil <i>Post-processor</i> Pemesinan <i>Die 1</i> .....	68
Tabel 5.1	Daftar Pahat Potong yang Dipasang pada <i>Toolpost</i> .....	80
Tabel 5.2	Daftar Alat Ukur yang Digunakan pada Saat Proses Pemesinan <i>Die 1</i> .....	82
Tabel 5.3	Daftar Alat Ukur yang Digunakan pada Proses Pemeriksaan Geometri dan Dimensi Benda Kerja	87
Tabel 5.4	Hasil Pemeriksaan Ukuran Geometri Aktual terhadap Ukuran Geometri Desain.....	91

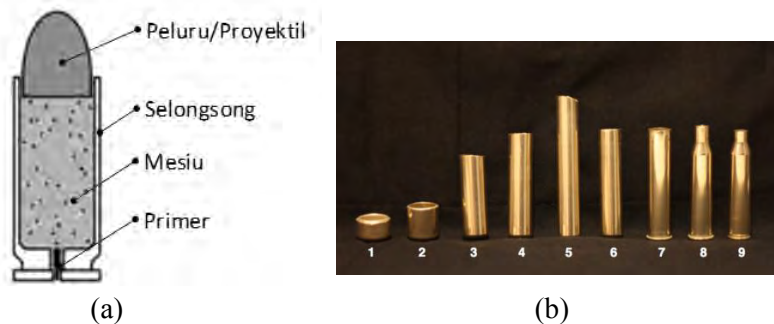
*Halaman sengaja dikosongkan*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Peluru adalah proyektil padat yang ditembakkan dari senjata api atau senapan angin, dimana biasanya terbuat dari timbal. Peluru merupakan salah satu komponen dari rangkaian amunisi selain mesiu (*powder*), *primer*, dan selongsong (*case*). Selongsong berfungsi sebagai wadah pembungkus proyektil dan mesiu, serta tempat melekatnya *primer* seperti terlihat pada gambar 1.1.(a). Material yang digunakan pada selongsong peluru umumnya adalah dari bahan kuningan. Selongsong peluru merupakan salah satu produk hasil pengerjaan *dies*.



**Gambar 1.1** (a) Komponen Peluru, (b) Tahapan Proses Pembuatan Selongsong Peluru

Pembuatan selongsong peluru seperti pada gambar 1.1.(b) terdiri dari 9 tahap. Pada tahap awal proses pembuatan selongsong peluru, plat dibentuk menjadi *cup* melalui proses *blanking-piercing* dan dilanjutkan dengan *deep drawing*. Pada proses pembuatan selongsong, biasanya telah tersedia *cup* sebagai bahan jadi untuk proses *ironing*. Proses *ironing* merupakan teknik pembentukan logam dengan cara penipisan dinding, sehingga didapatkan ketebalan dinding produk yang *uniform*. Dalam tahapan proses *ironing* ini, benda kerja dibentuk pada *dies* yang sama. Setelah

proses *ironing* dilakukan, kelebihan tinggi dinding dari hasil *ironing* akan dipotong dan dilanjutkan dengan proses *head pressing* pada *dies* yang berbeda. Setelah *head* terbentuk, dilanjutkan dengan pembentukan *neck* dan *rim*.

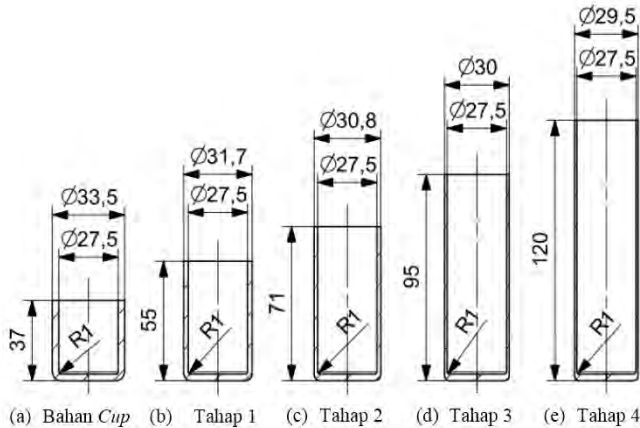
Dari kebutuhan pembuatan selongsong peluru tersebut diperlukan mesin press hidrolik dan rangka mesin beserta komponen pelengkapanya. Pada tahun 2015 di laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk, Jurusan Teknik Mesin ITS telah dirancang dan dibuat mesin *press* hidrolik dengan rangka mesin seperti pada gambar 1.2. Mesin *press* tersebut yang rencananya akan digunakan sebagai mesin pembuat selongsong peluru.



**Gambar 1.2** Rangka Mesin

Untuk saat ini perhitungan perancangan komponen *die set* untuk selongsong peluru kaliber 20 mm telah selesai dilakukan oleh saudara Artha (2015). Berdasarkan desain *die set* yang telah dibuat, bahan selongsong peluru berbentuk *cup* dengan bahan kuningan dengan geometri dan dimensi seperti pada gambar 1.3.(a) akan dilakukan empat tahap proses *ironing*. Tahap pertama proses *ironing* akan mereduksi diameter luar *cup* menjadi 31.75 mm,

tahap kedua menjadi 30.8 mm, tahap ketiga menjadi 30 mm, dan tahap keempat menjadi 29.5 mm. B. Rencana geometri proses *ironing* dari tahap pertama hingga tahap keempat dapat dilihat pada gambar 1.3.(b) sampai dengan gambar 1.3.(e).



**Gambar 1.3** Rencana Geometri Bahan *Cup* dan 4 Tahapan Proses *Ironing* Selongsong Peluru Kaliber 20 mm

Setelah dilakukan perancangan, pada proses selanjutnya dilakukan pembuatan *die* untuk proses ironing tahap pertama yang rencananya akan dibuat dengan menggunakan mesin CNC *turning*. Dalam pengoperasian mesin CNC dibutuhkan program yang digunakan untuk mengatur pergerakan alat potong didalam mesin. Program tersebut sering disebut dengan *G Code*. Dalam pembuatan *G Code* kita dapat memanfaatkan perangkat lunak berbasis CAD/CAM, dimana dengan perangkat lunak tersebut pembuatan *G Code* dapat dilakukan secara otomatis. Salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membantu pembuatan *G Code* adalah perangkat lunak NX Siemens. Perangkat lunak tersebut sudah tersedia di laboratorium CAE jurusan Teknik Mesin ITS, dimana ketersediaan perangkat lunak tersebut merupakan hasil kerja sama dengan perusahaan luar Boschphrang.

Perangkat lunak NX Siemens merupakan perangkat lunak yang diajarkan pada mata kuliah pilihan CAD (*Computer Aided Design*). Pada matakuliah tersebut, fitur dari NX Siemens yang diajarkan diantaranya adalah *modeling*, *assembling*, dan *drafting*.

NX *Machining* adalah salah satu fitur yang terdapat pada perangkat lunak NX Siemens. Dengan menggunakan perangkat lunak NX *Machining*, programer NC hanya perlu membuat gambar CAD yang kemudian disimulasikan pembuatannya dengan NX *Machining*. Selanjutnya secara otomatis perintah-perintah pemrosesan pembuatan benda kerja akan dibuat oleh perangkat lunak ini, sehingga sangat meringankan kerja dari programer NC. Kelebihan dari NX *Machining* diantaranya adalah perangkat lunak tersebut telah terintegrasi dengan NX Siemens, sehingga gambar CAD yang telah dibuat dengan menggunakan NX Siemens dapat langsung dibuat simulasi proses pemesinannya dengan menggunakan NX *Machining* di dalam perangkat lunak NX Siemens itu sendiri (*single-window solution*). Dengan sistem *single-window solution*, melakukan perubahan bentuk geometri atau dimensi dari gambar komponen CAD yang digunakan pada saat proses simulasi CAM menjadi lebih mudah, daripada menggunakan perangkat lunak CAM yang bersifat *stand alone*.

Namun demikian hingga saat ini NX *Machining* belum dimanfaatkan untuk membantu proses pembuatan *G Code* dari *die* dalam proses pemesinannya di mesin CNC..

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana aplikasi CAM NX *Machining* pada pembuatan *die* untuk proses *ironing* tahap pertama untuk selongsong peluru kaliber 20 mm.
- b. Bagaimana simulasi pembuatan *die* dengan menggunakan NX *Machining*.
- c. Bagaimana pembuatan *G Code* dari *die* dengan menggunakan NX *Machining*

### 1.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

- a. Mengaplikasikan CAM NX *Machining* pada pembuatan *die* proses *ironing* tahap pertama untuk selongsong peluru kaliber 20 mm
- b. Mensimulasikan pembuatan *die* dengan NX *Machining*
- c. Membuat *G Code* dari *die* dengan menggunakan NX *Machining*.

### 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- a. Perangkat lunak CAM yang di gunakan adalah fitur NX *Machining* Siemens
- b. *Die* yang akan dibuat *G Code* nya adalah *die* untuk tahap awal (*die* 1) proses *ironing* selongsong peluru kaliber 20 mm.
- c. Proses perhitungan desain konstruksi *die set* tidak dibahas.
- d. Perhitungan parameter proses pemesinan yang akan dibahas hanya yang diperlukan dan berkaitan secara langsung dengan proses simulasi CAM.
- e. Analisa hasil proses pemesinan hanya ditujukan untuk memeriksa dimensi komponen, tidak dilakukan pemeriksaan kekasaran permukaan benda kerja

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Memberikan informasi dan pengetahuan bagaimana pembuatan program NC *die* untuk selongsong peluru dengan menggunakan perangkat lunak NX.
- b. Memberikan informasi dan pengetahuan dalam memahami prinsip kerja dan manfaat pemanfaatan sistem CAD/CAM secara umum.



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

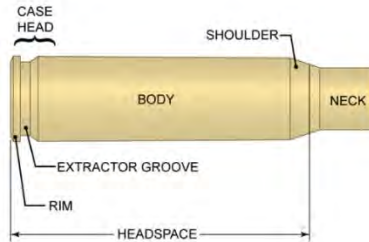
#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Tulisan yang menunjang tugas akhir ini adalah penelitian dari saudara Artha (2015), dimana pada penelitian tersebut dilakukan perancangan perhitungan *die set* yang diawali dengan penentuan tahapan proses *ironing*, perhitungan gaya-gaya pembentukan selongsong, penentuan material dan dimensi *die set*, perancangan proses manufaktur *die set*, dan dilanjutkan dengan menghitung waktu proses manufaktur *die set*.

Penelitian yang hampir menyerupai tugas akhir ini dilakukan oleh Boenasir (2010) dimana pada penelitian tersebut dilakukan eksperimen melalui pembuatan rancangan gambar *ball screw* pada software AutoCAD kemudian ditransfer kedalam bahasa pemrograman mesin bubut CNC Fanuc Series Oi – Mate TC melalui software perantara Mastercam X.

#### **2.2. Selongsong Peluru**

Seluruh komponen dari peluru seperti proyektil, selongsong, dan serbuk mesiu sering disebut satu kesatuan sebagai *cartridge*. Bagian utama dari *cartridge* adalah selongsong yang merupakan tempat penyimpanan bubuk mesiu dan tempat peletakan proyektil sebelum ditembakkan dari *barrel* senapan. Dimensi selongsong peluru dibedakan sesuai dengan jenis dan besar dari kaliber proyektil yang ditembakkan dan harus memenuhi spesifikasi dari *chamber* dari senapan yang digunakan. Selongsong peluru menyediakan tempat yang kokoh yang menyatukan *primer*, *propellant*, dan proyektil. Pada bagian belakang selongsong peluru terdapat *rim* yang berisi *primer*. *Primer* merupakan penyulut bubuk mesiu yang berada di dalam *body* selongsong sehingga memicu ledakan untuk melontarkan selongsong. Gambar bagian-bagian dari selongsong peluru ditunjukkan oleh gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Bagian-Bagian Selongsong Peluru

### 2.3. Spesifikasi Bahan CuZn30

Bahan yang digunakan untuk pembuatan selongsong peluru adalah kuningan CuZn30. CuZn30 merupakan tembaga paduan dengan *zinc* sebanyak 30%. Penambahan unsur *zinc* pada paduan memberikan keuntungan pada peningkatan kekuatan material. Detail dari CuZn30 adalah sebagai berikut:

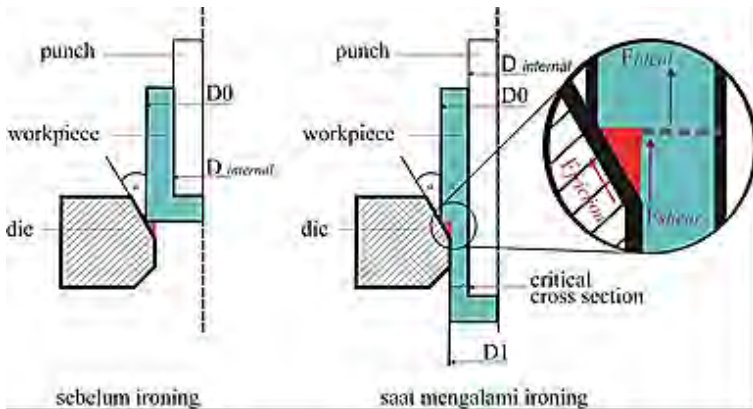
**Tabel 2.1** *Mechanical Properties CuZn30*

UTS [MPa]	YS [MPa]	A <sub>5</sub> [%]	Young's modulus [GPa]	Poisson ratio	Grain Size [μm]
339	113	65	110	0.345	33

UTS = *ultimate tensile strength*, YS = *yield strength*, A<sub>5</sub> = *elongation to rupture*

### 2.4. Proses *Ironing*

*Ironing* (gambar 2.2) adalah salah satu proses *deep drawing* dimana benda kerja ditekan oleh *punch* melewati *die* berbentuk menyerupai *nozzle* bersama dengan proses penipisan dinding *workpiece*. Material yang digunakan pada proses *ironing* pembuatan selongsong peluru adalah *cup* berbentuk silinder.



**Gambar 2.2** Proses *Ironing*

## 2.5. Computer Aided Design

CAD adalah teknologi yang berhubungan dengan penggunaan sistem komputer untuk membantu dalam pembuatan, modifikasi, analisis, dan optimasi dari suatu desain. Fungsi utama dari CAD adalah untuk menentukan geometri dari desain komponen produk, susunan produk, struktur arsitektur, sirkuit elektronika, layout gedung, dll.

Keuntungan dari penggunaan CAD adalah sebagai berikut:

1. Kualitas gambar konstan, tidak terlalu tergantung pada *skill* penggambar sebagaimana gambar manual.
2. Relatif lebih akurat dan cepat pengerjaannya karena menggunakan komputer.
3. Dapat di-*edit*, ditambah-kurang tanpa harus memulai dari awal.
4. Dapat menjadi *data base* yang menyimpan berbagai informasi penting yang dibuat oleh *drafter* dan dapat diakses langsung oleh pengguna lain.
5. Dapat dibuat *library* untuk komponen-komponen standar atau komponen yang digambar/dipergunakan berulang-ulang dalam gambar (misalnya: baut, mur, simbol-simbol,

- dll.) sehingga mempermudah dan mempercepat dalam proses pembuatan gambar.
6. Lebih mudah dan praktis dalam dokumentasi, duplikasi, dan penyimpanannya.
  7. Dapat dibuat dengan berbagai warna sehingga lebih menarik dan mudah dipahami.

## **2.6. Computer Aided Manufacturing**

*Computer Aided Machining* adalah penggunaan perangkat komputer berbasis perangkat lunak yang dapat membantu para *engineer* dan operator mesin dalam memproduksi atau membuat prototip dari suatu komponen produk, dengan tujuan menghasilkan proses produksi yang lebih cepat dengan dimensi ukuran yang lebih presisi dan konsisten. CAM pada umumnya dikenal sebagai alat untuk mengubah model komponen tiga dimensi (3D) yang dibuat pada CAD menjadi program *numerical control* (NC) sehingga dihasilkan program *G Code* yang akan digunakan untuk mengontrol proses pemesinan dari komponen produk pada mesin CNC. *G Code* adalah bahasa program yang dapat dimengerti oleh mesin yang dikendalikan kode numerik. Kode tersebut dapat menginstruksikan mesin untuk memproduksi barang dengan jumlah besar dengan ketelitian tinggi sesuai terhadap disain CAD yang telah dibuat.

Pada perangkat lunak CAM programmer akan mendapat verifikasi visual secara langsung setiap memasukkan perintah untuk mengetahui apakah perintah yang kita masukkan sudah benar. Ketika geometri komponen produk di masukkan oleh programmer, maka elemen grafis dari produk akan diperlihatkan pada layar monitor. Ketika *tool path* telah dibangun, programmer dapat melihat secara langsung bagaimana perintah pergerakan akan menggerakkan pahat potong terhadap komponen benda kerja. Setiap kesalahan dapat segera diperbaiki, tidak harus menunggu seluruh program selesai dibuat. *Computer Aided Manufacturing* dapat menjembatani antara konsep desain suatu komponen dengan proses pemesinan komponen tersebut.

## 2.7. CAD/CAM

CAD/CAM (*computer-aided design and computer-aided manufacturing*) adalah sebutan untuk perangkat lunak komputer yang dapat digunakan untuk mendesain suatu produk sekaligus untuk merancang proses manufaktur yang akan digunakan, khususnya CNC (Autodesk, 2015). MasterCam (2008:1) dalam Wijanarka (2013:1), aplikasi CAD/CAM digunakan untuk mendesain suatu bagian mesin dan membuat program CNC untuk proses pemesinannya.

Beberapa contoh perangkat lunak CAD/CAM yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

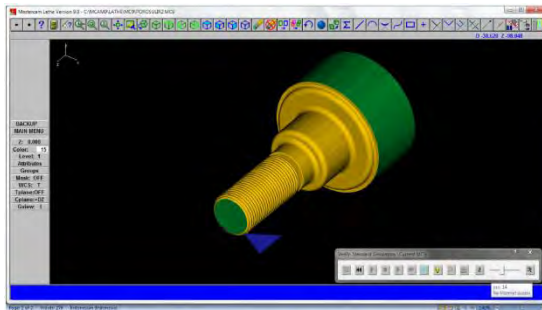
### A. MasterCAM

Dalam bukunya Wijanarka (2013) menjelaskan dalam proses simulasi CAM dengan menggunakan MasterCAM dibutuhkan gambar komponen. Untuk proses *turning* dan *milling* gambar yang digunakan adalah gambar 2D yang dapat digambar di perangkat lunak tersebut sekaligus. Setelah membuat gambar komponen, langkah selanjutnya adalah pembuatan simulasi pemesinan. Dalam proses simulasi, hal-hal yang perlu dilakukan adalah menentukan bahan dan ukurannya, melakukan *setting* dan langkah penyayatan, serta memilih pahat potongnya, kemudian melakukan analisa apakah proses sudah benar atau belum. Setelah proses penyayatan dirasa benar dan logis sesuai ketentuan pelaksanaan proses pemesinan, maka hasil simulasi diubah menjadi program CNC (*G Code*). *G Code* dihasilkan dari proses *post processor* pada MasterCAM. Jenis *post processor* dipilih berdasarkan merk dan tipe mesin CNC yang dimiliki. Contoh tampilan dalam penggunaan MasterCAM dapat dilihat pada gambar 2.3.

### B. FeatureCAM

Delcam (2010) menjelaskan, FeatureCAM adalah perangkat lunak CAD/CAM yang dapat mengotomasi proses

pemesinan dan meminimalisir waktu pemrograman pembuatan komponen pada mesin freis, bubut, dan *wire EDM*. Tidak seperti perangkat lunak lain yang berbasis sistem CAM, FeatureCAM membuat *toolpath* berdasarkan *feature* dari gambar CAD komponen, dan secara otomatis memilih pahat potong yang tepat, menentukan fase *roughing* dan *finishing*, dan menghitung *feeds* dan *speeds*. Proses pemilihan dapat berdasarkan pada pengetahuan proses pemesinan yang telah dipasang Delcam secara 'out-of-the-box' pada FeatureCAM, atau dari pengalaman dari perusahaan pengguna, proyek atau pengaturan secara individu.

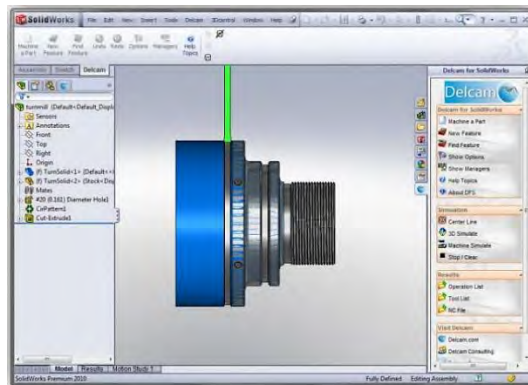


**Gambar 2.3** Contoh Tampilan MasterCAM

Dalam pengoperasiannya diawali dengan penentuan jenis mesin yang akan digunakan, kemudian membuat gambar CAD komponen yang akan dibuat. Dalam pembuatan gambar CAD, hal yang pertama kali dilakukan adalah menentukan ukuran *raw material* yang akan digunakan, kemudian menggambar bentuk komponen secara umum yang akan digunakan secara 2D. Setelah selesai, gambar 2D tersebut dirubah menjadi 3D dengan menggunakan menu *feature*. Pada saat pembuatan gambar 3D, kita dapat membuat gambar CAD komponen secara detail. Sebagai contoh kita dapat membuat bentuk *ulir*,

membuat lubang hasil *drilling*, *boring*, atau *grooving*. Setelah selesai dengan pembuatan gambar CAD komponen, langkah selanjutnya adalah pembuatan *toolpath*, pengaturan parameter pemesian, dan proses simulasi proses pemesian. Setelah proses simulasi sudah dirasa benar, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan *G Code* dengan menggunakan *post processor* yang telah disediakan.

Selain membuat perangkat lunak yang bersifat *standalone*, Delcam juga membuat perangkat lunak FeatureCAM yang terintegrasi dengan aplikasi SolidWorks. Sehingga gambar CAD yang telah dibuat pada SolidWorks dapat langsung dibuat simulasi proses pemesiannya dengan menggunakan FeatureCAM didalam perangkat lunak SolidWorks itu sendiri (*single-window solution*). Contoh tampilan dalam penggunaan FeatureCAM pada perangkat lunak SolidWorks dapat dilihat pada gambar 2.4.



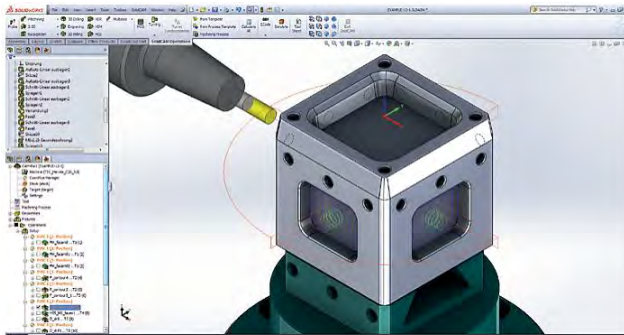
**Gambar 2.4** Contoh Tampilan FeatureCAM pada Perangkat Lunak SolidWorks

### C. SolidCAM

SolidCAM (2012) menjelaskan bahwa SolidCAM adalah perangkat lunak yang terintegrasi dengan SolidWorks dan bersifat *single-window solution*, yang artinya gambar



CAD yang telah dibuat pada SolidWorks dapat langsung dibuat simulasi proses pemesinannya dengan menggunakan SolidCAM didalam perangkat lunak SolidWorks itu. Tahap pertama pengoperasian SolidCAM adalah penentuan gambar CAD komponen yang akan digunakan dan lokasi *file* CAD tersebut, kemudian diteruskan dengan penentuan nama dan lokasi *file* CAM yang akan dibuat. Setelah itu di lanjutkan dengan pemilihan jenis dan tipe mesin yang akan digunakan, pengaturan sistem koordinat dari mesin, penentuan ukuran *raw* material dan dilanjutkan dengan pembuatan operasi pemesinan. Pada proses pembuatan operasi pemesinan hal-hal yang perlu dilakukan adalah penentuan pahat potong yang akan digunakan, *toolpath*, dan pengaturan parameter proses pemesinan. Setelah selesai dengan pembuatan proses operasi pemesinan, dilanjutkan dengan proses simulasi untuk mengecek operasi pemesinan apakah sudah benar atau belum. Setelah proses simulasi sudah dirasa benar, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan *G Code* dengan menggunakan *post processor* yang telah disediakan. Contoh tampilan dalam penggunaan SolidCAM pada perangkat lunak SolidWorks dapat dilihat pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Contoh Tampilan SolidCAM pada Perangkat Lunak SolidWorks

## **2.8. Mesin *Computer Numerical Control* (CNC)**

Mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf). Mesin CNC adalah mesin perkakas yang pengoperasiannya dikendalikan melalui program yang diakses dengan komputer. Secara garis besar program permesinan berupa input data yang diolah pada *software* komputer diteruskan ke unit pengendali yang berfungsi mengubah sinyal elektronik menjadi gerakan mekanis, kemudian gerakan tersebut diteruskan ke mesin perkakas untuk melakukan operasi permesinan.

Untuk mengoperasikan mesin CNC diperlukan suatu pengetahuan bahasa pemrograman yang dimengerti oleh mesin CNC itu sendiri. Oleh karena itu, kita harus menyusun data masukan secara teratur dalam bahasa pemrograman yang dipahaminya agar mesin CNC dapat memproses informasi data yang diberikan.

Pengoperasian mesin CNC akan berjalan secara otomatis dari awal hingga selesai apabila kita memasukkan data pemrograman dengan benar, karena semua data yang masuk akan tersimpan di memori komputer. Data-data program yang dimasukkan adalah data program perintah gerakan permesinan yang telah tersusun dengan bahasa pemrograman.

Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setaraf dan sejenis, mesin perkakas CNC lebih unggul baik dari segi ketelitian (*accurate*), ketepatan (*precision*), keluwesan (*fleksibel*), dan produktifitas.

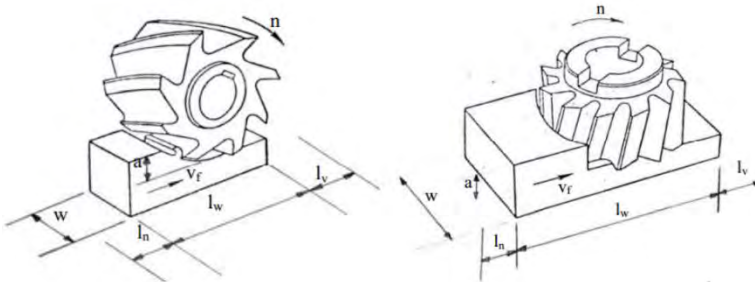
## **2.9. Pemrograman CNC**

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, dalam menjalankan proses pemesinan dengan menggunakan mesin CNC diperlukan bahasa pemrograman numerik. Bahasa pemrograman adalah format perintah dalam satu blok dengan menggunakan kode huruf, angka, dan simbol. Di dalam mesin perkakas CNC terdapat perangkat komputer yang disebut dengan *Machine Control Unit*

(MCU). MCU ini berfungsi menterjemahkan bahasa kode ke dalam bentuk gerakan persumbuan sesuai bentuk benda kerja. Kode-kode bahasa dalam mesin perkakas CNC dikenal dengan kode G dan M, di mana kode-kode tersebut sudah distandarkan oleh ISO atau badan internasional lainnya. Dalam aplikasi kode huruf, angka, dan simbol pada mesin perkakas CNC bermacam-macam tergantung sistem kontrol dan tipe mesin yang dipakai, tetapi secara prinsip sama. Sehingga untuk pengoperasian mesin perkakas CNC dengan tipe yang berbeda tidak akan ada perbedaan yang berarti.

## 2.10. Proses Milling

Prinsip dasar dari mesin frais adalah terlepasnya logam (geram) oleh gerakan pahat yang berputar. Mesin ini dapat melakukan berbagai macam pekerjaan seperti: memotong, membuat roda gigi, menghaluskan permukaan, dll. Prinsip kerja dari proses *milling* dapat dilihat pada gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Prinsip Kerja Proses *Milling*

Parameter proses frais yang biasa digunakan pada simulasi CAM adalah sebagai berikut,

- a. Kecepatan putaran *cutter*

$$n = \frac{v}{\pi \times d} \quad (2.1)$$

Dimana,

- |   |                                   |            |
|---|-----------------------------------|------------|
| n | : kecepatan putaran <i>cutter</i> | (rpm)      |
| d | : diameter pahat potong           | (mm)       |
| v | : <i>cutting speed</i>            | (mm/menit) |

b. *Feed rate* ( $v_f$ )

$$v_f = n \times f_t \times N \quad (2.2)$$

Dimana,

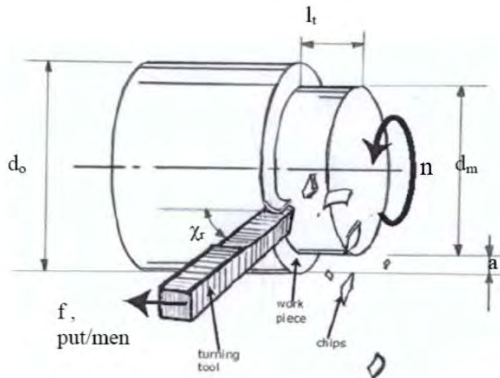
$v_f$  : *feed rate* (mm/menit)

$f_t$  : kecepatan makan pergigi (mm)

$N$  : jumlah gigi pada pahat potong

### 2.11. Proses Turning (Bubut)

Prinsip kerja mesin bubut adalah benda kerja yang berputar, sedangkan pahat bubut bergerak maju dan melintang. Dari kerja ini dihasilkan sayatan dan benda kerja yang umumnya simetris. Prinsip kerja proses bubut dapat dilihat pada gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Prinsip Kerja Proses Bubut

Parameter proses bubut yang biasa digunakan pada simulasi CAM adalah sebagai berikut,

a. Kecepatan putaran *spindle*

$$n = \frac{v}{\pi \times d} \quad (2.3)$$

Dengan,

$$d = \frac{d_o + d_m}{2} \quad (2.4)$$

Dimana,

$n$  : kecepatan putaran *spindle* (rpm)

$d_o$  : diameter awal benda kerja (mm)  
 $d_m$  : diameter akhir benda kerja (mm)  
 $d$  : diameter rata-rata benda kerja (mm)  
 $v$  : *cuttingspeed* (mm/menit)

b. Kecepatan makan (*feeding speed*)

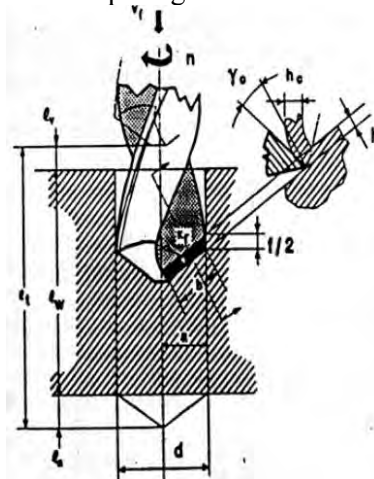
$$v_f = f \times n \quad (2.5)$$

Dimana,

$v_f$  : *feed rate* (mm/menit)  
 $f$  : *feed* (mm)

## 2.12. Proses Gurdi (Drilling)

Proses gurdi dimaksudkan sebagai proses pembuatan lubang bulat dengan menggunakan mata bor (*twist drill*). Pada mesin gurdi pahat gurdi mempunyai dua mata potong dan melakukan gerak potong karena diputar poros utama mesin gurdi. Prinsip kerja proses gurdi dapat dilihat pada gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Prinsip Kerja Proses Gurdi

Parameter proses gurdi yang biasa digunakan pada simulasi CAM adalah sebagai berikut,

- a. Kecepatan putaran poros utama

$$n = \frac{v}{\pi \times d} \quad (2.6)$$

Dimana,

n : kecepatan putaran poros utama (rpm)  
 d : diameter pahat drill (mm)  
 v : *cutting speed* (mm/menit)

- b. *Feed rate* (vf)

$$v_f = n \times f_t \times N \quad (2.7)$$

Dimana,

$v_f$  : *feed rate* (mm/menit)  
 $f_t$  : kecepatan makan pergigi (mm)  
 N : jumlah gigi pada pahat potong

Schey (2000) menjelaskan terdapat kondisi khusus dalam penentuan nilai kecepatan potong untuk penggurdian dengan menggunakan pahat *twistdrill*. Kecepatan potong,  $v = 0.7 v_s$  untuk material benda kerja berbahan dasar besi, dan  $v = 0.5 v_s$  untuk material benda kerja berbahan dasar non besi. Nilai dari  $v_s$  dapat ditentukan dengan menggunakan grafik pada lampiran A.1.(a). Sedangkan nilai *feed* berasal dari fungsi diameter pahat gurdi D dan besarnya adalah 0.002 D per putaran untuk bahan *free machining*, 0.01 D per putaran untuk bahan yang lebih keras dan lebih ulet, serta 0.005 D per putaran untuk bahan-bahan yang sangat keras ( $HB > 420$ ).

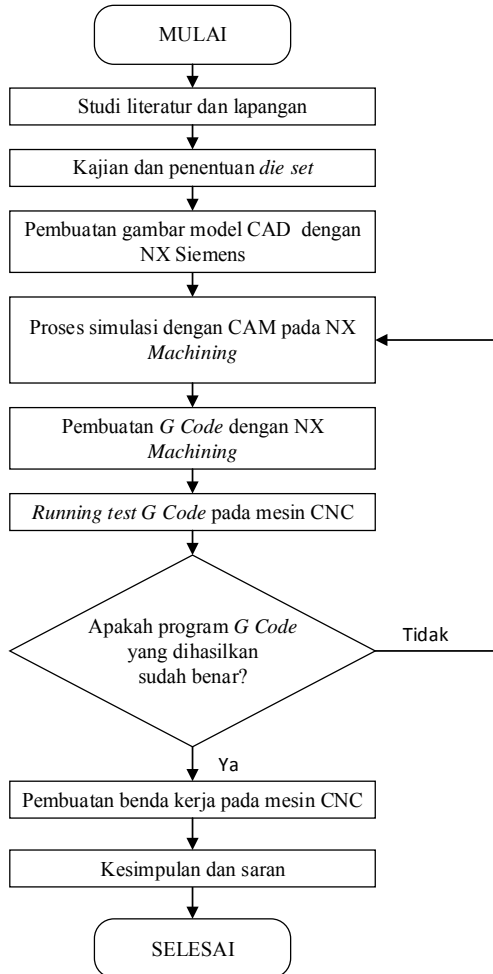
Dalam proses gurdi terdapat salah satu kondisi khusus yang disebut dengan *depth hole*. *Depth hole* adalah kondisi dimana panjang lintasan mata bor lebih dari 3 kali nilai diameter pahat gurdi yang digunakan, sehingga diperlukan proses *dwelling* untuk mengeluarkan geram hasil pengeboran. Jika proses penggurdian termasuk dalam kategori *depth hole* maka dilakukan pengurangan nilai kecepatan *spindle* dan *feed* berdasarkan tabel 2.2 berikut.

**Tabel 2.2** Daftar Pengurangan Nilai Kecepatan *Spindle* dan *Feed* pada Proses *Drilling Deep Hole*

Kedalaman Lubang, D	Pengurangan Kecepatan <i>Spindle</i> (n), %	Pengurangan Pengumpanan ( <i>feed</i> ), %
3	10	10
4	20	10
5	30	20
6	35	20
8	40	20

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian



### 3.2. Langkah-Langkah Penelitian

Aplikasi CAM NX *Machining* pada pembuatan *die* untuk selongsong peluru kaliber 20 mm dapat dibagi dalam beberapa tahap sebagai berikut:

#### 3.2.1. Studi Literatur dan Lapangan

##### A. Studi Literatur

Untuk menunjang penelitian ini penulis melakukan studi literatur dari berbagai sumber untuk mempelajari aplikasi CAD/CAM dalam proses pembuatan *die*.

Perangkat lunak NX dapat mengintegrasikan gambar pemodelan CAD menjadi bentuk CAM dengan menggunakan fitur NX *Machining*, sehingga programmer mesin NC dapat secara langsung mendapatkan akses mengenai desain komponen, *assembly*, dan gambar teknik komponen dalam satu sistem perangkat lunak yang sama. Dengan menggunakan fitur ini programmer tidak perlu membuat program perintah secara manual dalam pengoperasian mesin CNC, akan tetapi programmer hanya perlu memanfaatkan gambar CAD yang telah dibuat sebelumnya dengan perangkat lunak yang sama. Dengan memasukkan parameter-parameter pemesinan yang akan dilakukan, maka secara otomatis perintah-perintah pembuatan benda kerja dapat langsung dibuat oleh *software* ini, sehingga sangat meringankan kerja dari programmer.

Pada fitur NX *Machining* ini gambar yang sudah dibuat akan diubah dalam bentuk bahasa numerik (*G Code*). Setelah *G Code* pembuatan benda kerja diperoleh, program tersebut kemudian dapat ditransfer ke mesin CNC.

##### B. Studi Lapangan

Untuk menunjang penelitian ini penulis melakukan studi lapangan untuk mengetahui secara lebih mendetail aplikasi CAM pada proses pemesinan. Studi yang dilakukan

adalah melakukan latihan dan uji coba proses simulasi pembuatan *die* dengan menggunakan *NX Machining*.

### **3.2.2. Kajian dan Penentuan *Dies Set*.**

Kajian *die set* ini bertujuan untuk menentukan bagaimanakah bentuk dari *dies set* dan komponen penyusunnya, memahami bagaimana cara kerja dari *dies set*, serta mengetahui bagaimana proses pembuatan dari komponen tersebut. Sehingga dapat ditentukan komponen *die set* apa saja yang dapat dibuat sendiri dan komponen standar *dies set* mana yang harus dibeli.

### **3.2.3. Pembuatan Gambar Model CAD dengan NX Siemens**

Pada tahap ini dilakukan pembuatan gambar modeling CAD komponen *dies set* dengan perangkat lunak NX Siemens di laboratorium CAE jurusan teknik Mesin ITS. Pembuatan model CAD dari komponen merupakan langkah yang paling utama sebelum melakukan simulasi CAM dengan menggunakan *NX Machining*.

NX Siemens adalah salah satu program CAD yang sering digunakan di dunia industri. Perangkat lunak ini dikembangkan oleh *Siemens PLM Software*. Perangkat lunak ini mempunyai kemampuan modeling yang tinggi dengan mengintegrasikan pemodelan berbasis *constraint* dan pemodelan geometri yang jelas. Dengan penambahan pemodelan geometri komponen-komponen standar, perangkat lunak ini membuat penggunaanya dapat mendesain bentuk-bentuk yang unik seperti *airfoils* dan *manifolds*. Perangkat lunak ini juga menggabungkan teknik *solid* dan *surface modeling* menjadi sebuah *tool set* yang sangat mumpuni.

Komponen *dies set* yang dirancang dan material yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.1. Sedangkan komponen dan aksesoris dari *dies set* yang tidak dibuat dapat dilihat pada tabel 3.2. Gambar teknik dari komponen *die set* dapat dilihat pada lampiran B.2 sampai lampiran B.7. Sebagai aplikasi dari *NX Machining* pada tugas akhir ini, diambil *die* 1 sebagai contoh dan dilaporkan.

**Tabel 3.1** Komponen *Die Set* dan Materialnya

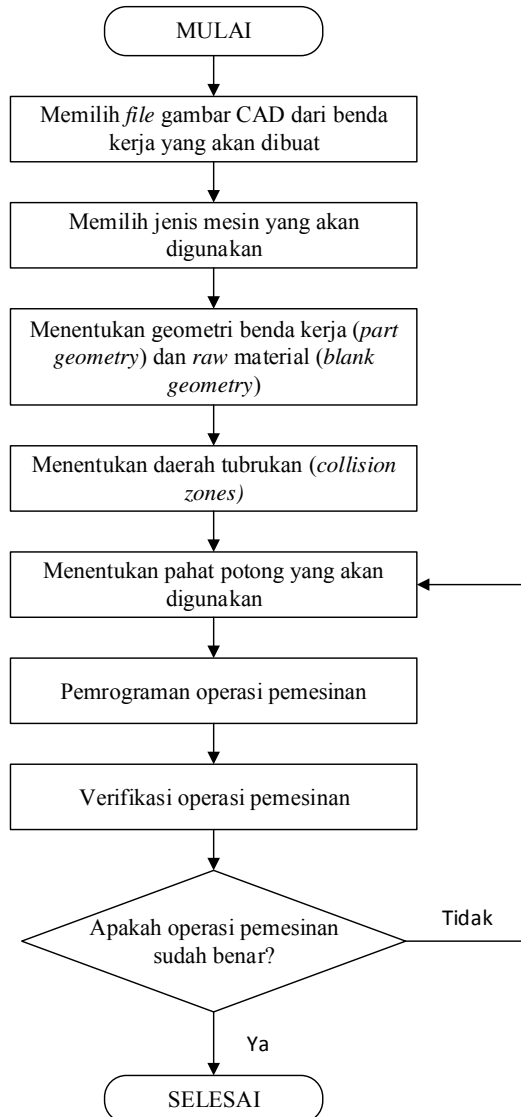
<b>Benda</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Bahan</b>
<i>Plate A</i>	1	ST42
<i>Plate B</i>	1	
<i>Holder Die</i>	1	
<i>Die</i>	1	S45C
<i>Punch</i>	1	
<i>Ring Retainer Die</i>	1	<i>Mild Steel</i>

**Tabel 3.2** Komponen dan Aksesori Konstruksi  
*Die Set* yang Tidak Dibuat

<b>Benda</b>	<b>Jumlah</b>
<i>Shank</i>	1
<i>Guide Pin 1</i>	4
<i>Guide Bush Upper</i>	4
<i>Gude Bush Lower</i>	4
<i>Cap Screw M 8</i>	4

#### 3.2.4. Proses Simulasi CAM pada NX Machining

Pada tahap ini dilakukan simulasi CAM pembuatan komponen *die set* dengan menggunakan NX Machining di laboratorium CAE jurusan teknik mesin ITS. Secara umum dalam mensimulasikan pembuatan komponen, hal-hal yang perlu dilakukan dapat dilihat pada diagram alir seperti pada gambar 3.2.

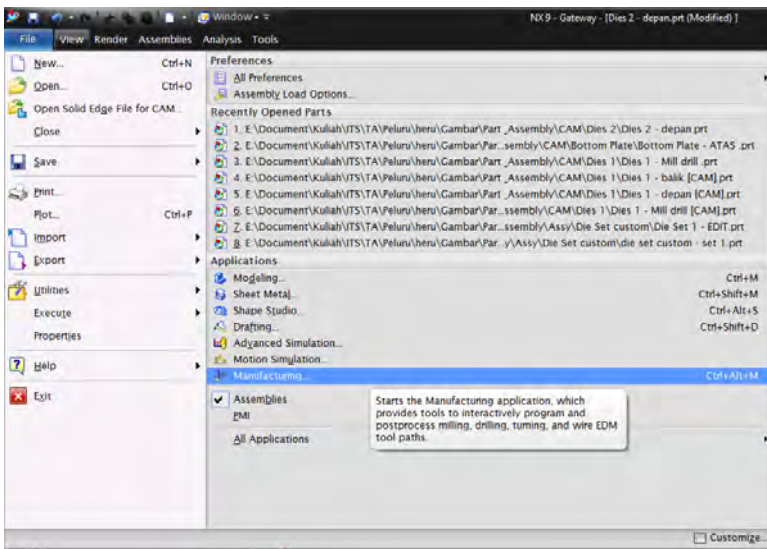


**Gambar 3.2** Diagram Alir Proses Simulasi CAM NX *Machining*

### A. Memilih *File* Gambar CAD Benda Kerja Yang Akan Dibuat

Terdapat dua metode dalam menentukan gambar CAD komponen yang akan digunakan dalam operasi CAM, yaitu:

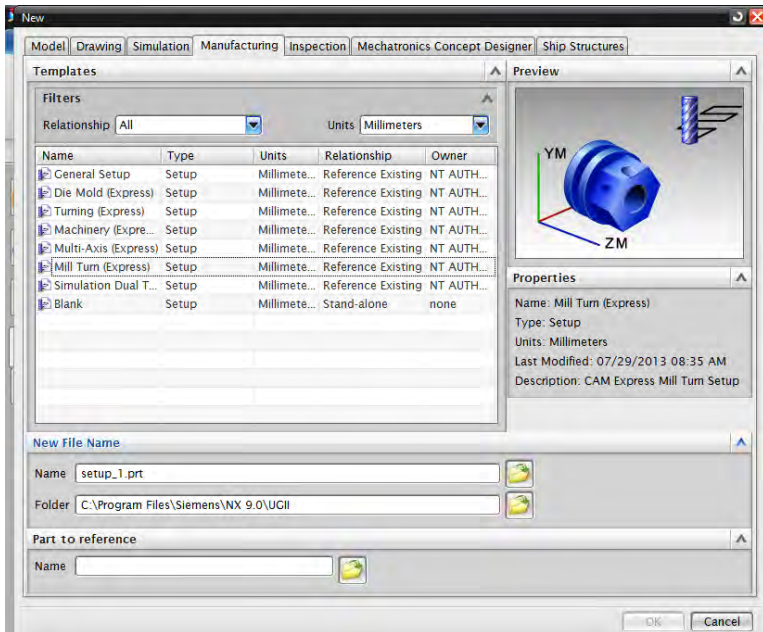
1. Membuka gambar CAD komponen terlebih dahulu, kemudian mengaplikasikan gambar tersebut ke fitur CAM NX dengan cara memilih menu *file* kemudian pilih *manufacturing* seperti terlihat pada gambar 3.3. Metode ini membuat simulasi CAM yang akan di buat tergabung menjadi satu *file* dengan gambar CAD yang digunakan.



**Gambar 3.3** Penentuan Gambar CAD Metode Pertama

2. Membuat *file* CAM baru tanpa membuka gambar CAD komponen, kemudian mereferensikan *file* CAM tersebut terhadap *file* gambar CAD komponen yang akan digunakan dengan cara memilih menu *file*, *new*, kemudian pilih *manufacturing*. Sehingga

akan terlihat tampilan seperti gambar 3.4. Pada bagian *Part to reference* pilih *file* gambar CAD dari komponen yang akan digunakan. Dengan cara ini *file* CAM akan dibuat dengan *file* gambar CAD komponen.



**Gambar 3.4** Penentuan gambar CAD Metode Kedua

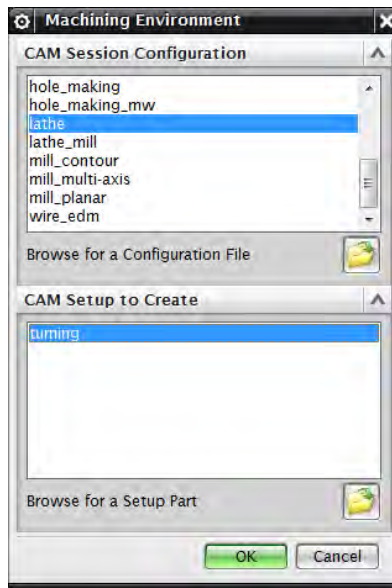
## B. Memilih Jenis Mesin Yang Akan Digunakan

Terdapat dua metode dalam memilih jenis mesin yang akan digunakan dalam operasi CAM, yaitu:

1. jika memilih metode pertama dalam proses pemilihan gambar CAD komponen, maka setelah memilih menu *manufacturing* akan terlihat menu tampilan seperti gambar 3.5. Pada menu tersebut, bermacam-macam jenis mesin dapat dipilih dan

digunakan untuk mensimulasikan pembuatan komponen.

2. jika memilih metode kedua dalam proses pemilihan gambar CAD komponen, maka setelah memilih gambar CAD jenis mesin yang akan digunakan dapat langsung dipilih pada tampilan menu yang sama.

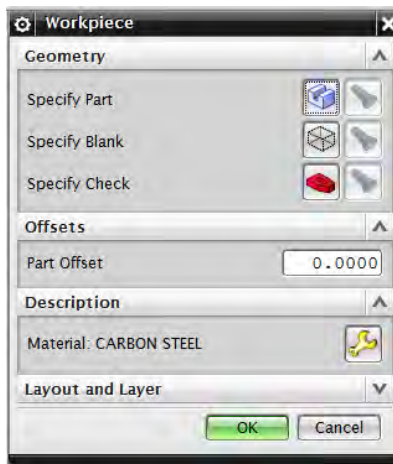


**Gambar 3.5** Tampilan Menu *Machining Environment*

### **C. Menentukan Geometri Benda Kerja (*Part geometry*) dan Raw Material (*Blank Geometry*)**

Sebelum menentukan geometri benda kerja (*part geometry*) dan raw material (*blank geometry*), terlebih dahulu harus membuat bentuk gambar CAD dari raw material yang diperlukan. Caranya adalah dengan menggambar CAD bentuk raw material didalam *file* gambar CAD komponen yang akan dibuat.

Dalam menentukan geometri benda kerja dan raw material, langkah-langkah yang dilakukan adalah dengan memilih menu *Operation Navigator* lalu pilih *WORKPIECE*, kemudian akan muncul tampilan seperti gambar 3.6. Pada tampilan tersebut pilih *Specify Part* untuk menentukan komponen yang akan dibuat, dan pilih *Specify Blank* untuk menentukan raw material yang akan digunakan.



**Gambar 3.6.** Tampilan Menu *WORKPIECE*

#### **D. Menentukan Daerah Tubrukan (*Collision Zones*)**

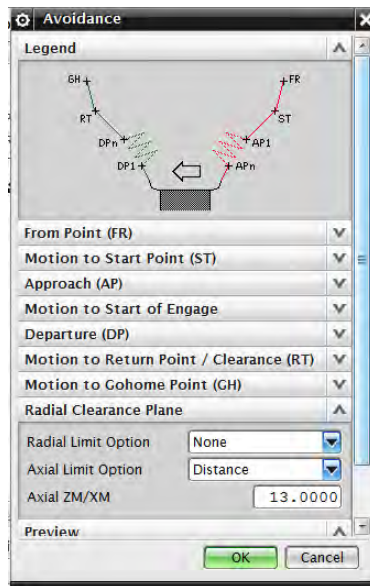
Penentuan daerah tubrukan (*Collision Zone*) bertujuan untuk menghindarkan tabrakan yang dapat terjadi antara alat potong dengan suatu objek. Dalam penentuan ini ada tiga hal yang dapat diatur, yaitu *start and return point*, *axial clearance plane*, dan *containment plane*.

*Start and return point* adalah titik lokasi *default* awal pahat potong mulai bergerak sekaligus titik lokasi yang aman ketika pahat mendekati benda kerja setelah melakukan pergantian pahat potong. Pengaturannya adalah dengan memilih menu *Operation Navigator* lalu pilih *AVOIDANCE* sehingga terlihat tampilan seperti gambar 3.7. Pada tampilan



*AVOIDANCE* pilih menu *Motion to Start Point (ST)* untuk menentukan titik *start*, dan pilih *Motion to Return Point/Clearance (RT)* untuk menentukan titik *return* atau lokasi pergantian alat potong.

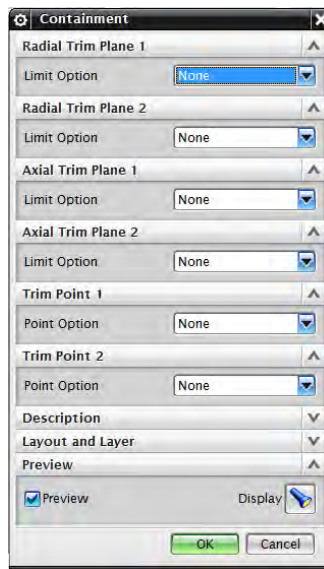
*Axial clearance plane* adalah bidang batas yang digunakan untuk menghindarkan alat potong menabrak benda kerja pada saat akan masuk dan keluar dari diameter dalam benda kerja. Pengaturannya adalah dengan memilih menu *Operation Navigator*, *AVOIDANCE*, *Radial Clearance Plane*, lalu pilih *distance* pada daftar *Axial Limit Option*, kemudian mengisi jarak yang di butuhkan pada kotak *Axial ZM/XM*.



**Gambar 3.7.** Tampilan Menu *AVOIDANCE*

*Containment plane* adalah bidang batas yang digunakan untuk menghindarkan alat potong bertubrukan dengan mulut cekam dari *spindle*. Pengaturannya adalah dengan memilih menu *Create Geometry*, pilih *AVOIDANCE*

pada menu *Geometry*, lalu pilih *CONTAINMENT* sehingga terlihat tampilan seperti gambar 3.8. Dengan memilih *AVOIDANCE* pada menu *Geometry* maka bentuk komponen dan *raw material* yang telah ditentukan pada menu *WORKPIECE* dan parameter yang telah dimasukkan pada menu *AVOIDANCE* akan di teruskan ke pengaturan *CONTAINMENT*. Pada menu *CONTAINMENT*, pilih *Axial Trim Plane 1* kemudian pilih *Distance* pada daftar *Limit Option* lalu mengisi jarak yang dibutuhkan pada kotak *Axial ZM/XM*.



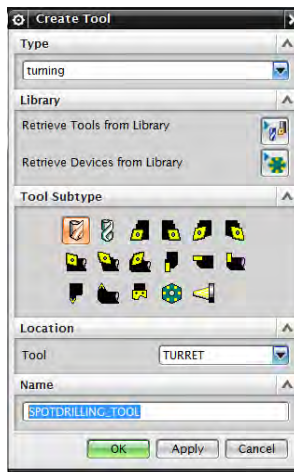
**Gambar 3.8.** Tampilan Menu *CONTAINMENT*

### **E. Menentukan Pahat Potong Yang Akan Digunakan**

Pahat potong yang akan digunakan dapat ditentukan diawal sebelum proses pemrograman operasi pemesian, atau dapat juga ditentukan pada saat proses pemrograman operasi pemesian. Ketika sudah dibuat atau ditentukan, pada saat proses pemrograman pahat potong dapat digunakan di saat yang dibutuhkan. Langkah penentuan atau pembuatan pahat

potong adalah dengan memilih menu *Create Tool* (gambar 3.9) kemudian pilih jenis pahat potong yang akan digunakan pada *Tool Subtype* lalu mengatur lokasi pemegang pahat potong dengan memilih *TURRET* atau *STATION* pada kotak *Tool* bagian *Location*. Tampilan menu *Create Tool* dapat berubah-ubah sesuai jenis mesin yang digunakan.

Selain memilih jenis pahat potong pada *Tool Subtype*, dapat juga menggunakan pahat potong yang telah disediakan pada daftar *Library*. Perbedaannya adalah ketika memilih pahat potong pada *Tool Subtype*, maka harus memasukkan dimensi pahat potong yang akan digunakan. Sedangkan ketika memilih pahat potong dari *Library*, maka hanya perlu memilih pahat potong yang telah disediakan dengan ukuran tertentu, kemudian dapat merubah beberapa ukuran dari pahat potong tersebut.



**Gambar 3.9.** Tampilan Menu *Create Tool*

Dalam pemilihan pahat potong yang akan digunakan pada proses simulasi harus mengacu pada data pahat potong yang akan dipasang dan digunakan pada mesin CNC nantinya.

Data yang diperlukan diantaranya adalah jenis dan dimensi pahat potong, nomor *station* pemasangan pahat potong, dan data panjang kompensasi pahat potong (*tool length compensation*). Kompensasi panjang pahat potong pada pemrograman CNC digunakan untuk menyetel perbedaan panjang dari beberapa pahat potong yang berbeda jenisnya yang terpasang pada *station* mesin CNC, sehingga programmer dapat membuat program tanpa mengkhawatirkan perbedaan tersebut.

#### **F. Pemrograman Operasi Pemesinan**

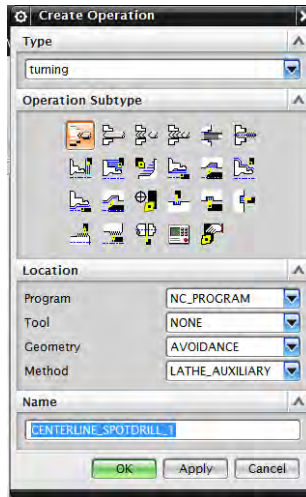
Langkah pembuatan program operasi pemesinan adalah dengan memilih menu *Create Operation* kemudian akan terlihat tampilan seperti gambar 3.10. Tampilan menu *Create Operation* dapat berubah-ubah sesuai jenis mesin dan jenis operasi yang di butuhkan.

Setelah memilih jenis operasi yang diperlukan, dilanjutkan dengan mengatur *tool path* dan parameter proses pemesinan dari alat potong. Pengaturan *tool path* dan parameter proses pemesinan dapat berbeda-beda menurut jenis operasi yang digunakan. Pada umumnya parameter proses pemesinan yang harus dimasukkan adalah kecepatan putaran sumbu utama mesin atau *spindle*, dan *feed* atau *feed rate*.

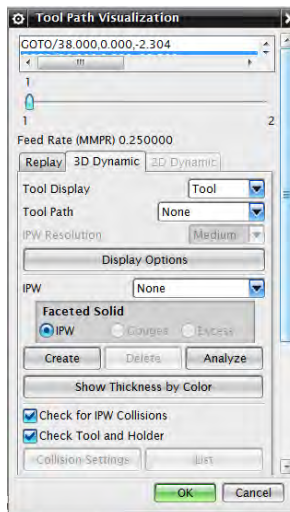
#### **G. Verifikasi Operasi Pemesinan**

Verifikasi operasi pemesinan digunakan untuk melihat, mengecek, dan menganalisa apakah operasi pemesinan yang telah dibuat sudah benar atau belum. Proses verifikasi dapat dilakukan per proses pemesinan, atau dapat pula dilakukan proses verifikasi dari awal hingga akhir proses pemesinan dalam satu rangkaian proses. Langkah verifikasi proses pemesinan adalah dengan memilih menu *Verify Tool Path* sehingga akan terlihat tampilan seperti gambar 3.11. Pada menu tersebut dapat terlihat simulasi pemotongan benda kerja

serta proses pemesinan yang telah dibuat dalam bentuk 2D, 3D, atau hanya *tool path* saja.



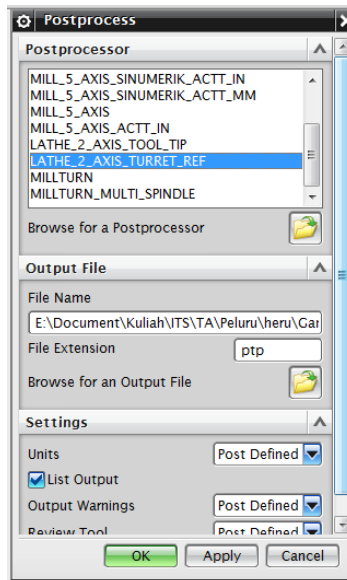
**Gambar 3.10.** Tampilan Menu *Create Operation*



**Gambar 3.11.** Tampilan Menu *Verify Toolpath*

### 3.2.5. Pembuatan *G Code* Dengan *NX Machining*

Pada tahap ini dilakukan pembuatan *G Code* untuk proses pemesian benda kerja dengan *NX Machining*. *G Code* yang dihasilkan pada proses ini merupakan hasil yang didapatkan secara otomatis dari penerjemahan *toolpath* dan parameter-parameter pemesian dari simulasi CAM yang telah dilakukan sebelumnya. Langkah pembuatan *G Code* adalah dengan memilih menu *Post Process* sehingga terlihat tampilan seperti pada gambar 3.12. Pada bagian *Post Processor* dapat dipilih jenis kontrol dari mesin yang akan digunakan, dan pada bagian *Units* pada menu *Setting* dapat dipilih satuan inch atau metris untuk hasil keluaran koordinat *G Code* yang akan dibuat.



**Gambar 3.12** Tampilan Menu *Post Process*

### 3.2.6. *Running Test G Code* Pada Mesin CNC

Pada tahap ini dilakukan *running test G Code* pada mesin CNC tanpa menggunakan benda kerja. Hal ini dilakukan untuk

melihat apakah *G Code* yang dihasilkan dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan, dapat langsung diterapkan pada mesin CNC, atau masih membutuhkan penyesuaian susunan program *G Code* terhadap mesin CNC yang akan digunakan dan jika masih ada kesalahan pembuatan *G Code* maka dilakukan perubahan. *Running test G Code* pada mesin CNC akan dilakukan di Lab. Sistem Manufaktur Universitas Surabaya. Hasil dari tahap *running test* ini adalah *G Code* yang telah sesuai dengan kebutuhan mesin CNC yang akan digunakan.

### 3.2.7. Proses Pembuatan Benda Kerja

Pada tahap ini dilakukan proses pembuatan benda kerja *die 1* dengan menggunakan *G Code* yang telah dibuat sebelumnya di Lab. Sistem Manufaktur Universitas Surabaya. Sebelum melakukan proses pemesinan dilakukan langkah-langkah persiapan agar proses pemesinan dapat berlangsung dengan baik. Hal-hal yang perlu dipersiapkan diantaranya adalah persiapan material, mesin CNC yang digunakan, pahat potong, serta alat ukur yang digunakan selama proses pembuatan benda kerja berlangsung. Mesin CNC yang digunakan adalah mesin CNC *Turning* Leadwell LTC 20 B. Mesin CNC *Turning* Leadwell LTC 20 B yang digunakan menggunakan sistem kontrol Siemens Sinumerik 802D sl. Spesifikasi dari mesin CNC *Turning* Leadwell LTC 20 B dapat dilihat pada lampiran A.2.

Setelah selesai dilakukan pembuatan *die 1*, kemudian dilakukan pemeriksaan ukuran geometri dan dimensi dengan menggunakan jangka sorong dan *bevel protactor* di Lab. Metrologi jurusan Teknik Mesin ITS.

### 3.2.8. Kesimpulan dan Saran

Hasil dari proses pengaplikasian CAM NX *Machining* pada pembuatan *die* untuk selongsong peluru kaliber 20 mm dirangkum pada tahap ini sehingga didapatkan kesimpulan dan saran yang akan digunakan untuk proses pengembangan selanjutnya.

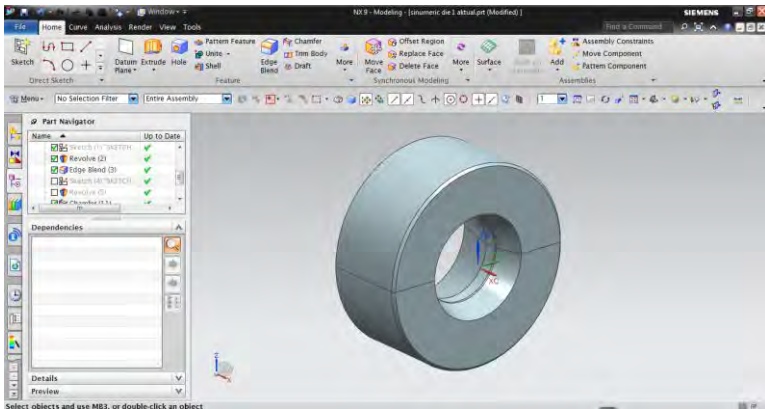
## BAB IV

### PROSES SIMULASI CAM DAN PEMBUATAN *G CODE*

#### 4.1. Simulasi Pembuatan Benda Kerja *Die 1* Sisi Depan Dengan CAM NX *Machining*

##### 4.1.1. Memilih *File* Gambar CAD Dari Benda Kerja Yang Akan Dibuat

Dalam proses simulasi, langkah pertama yang dilakukan adalah memilih file gambar CAD yang akan di buat. Gambar 4.1 adalah gambar CAD dari benda kerja *die 1* dari sisi depan yang akan dibuat proses simulasi CAM dan *G Code* proses pemesinannya.

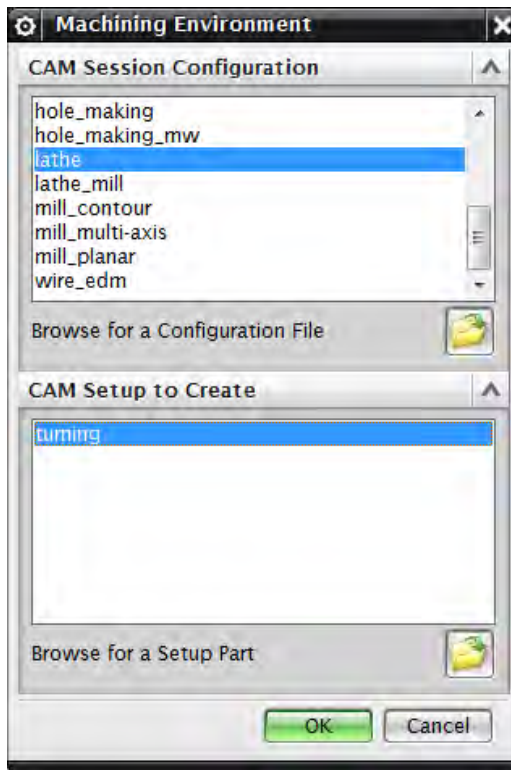


**Gambar 4.1.** Gambar CAD *Die 1*

##### 4.1.2. Memilih Jenis Mesin Yang Akan Digunakan

Pada kondisi yang sebenarnya *die 1* sisi depan akan diproses dengan menggunakan mesin CNC *Turning Leadwell LTC 20 B*. Sehingga pada konfigurasi *Machining Environment* operasi simulasi dipilih sesi pengaturan mesin *lathe* dengan pengaturan *setup* CAM mesin *turning* seperti tampak pada gambar 4.2.

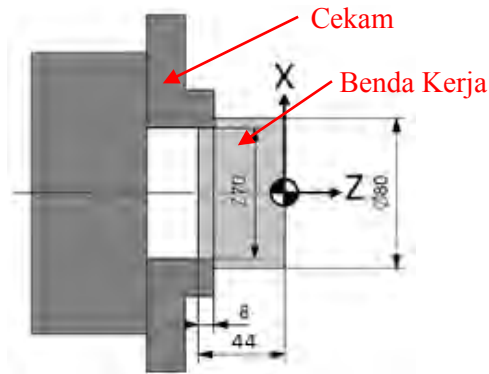




**Gambar 4.2.** Pengaturan *Machining Environment* Proses Simulasi CAM *Die 1*.

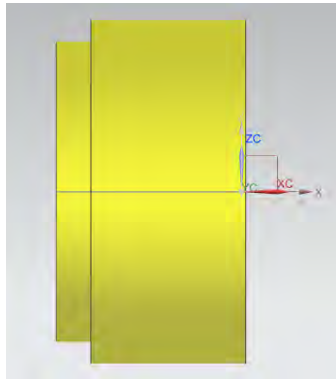
#### 4.1.3. Menentukan Geometri Benda Kerja (*Part geometry*) dan *Raw Material (Blank Geometry)*.

Pada saat operasi pemesinan berlangsung, *raw material* dari benda kerja *die 1* sisi depan di desain pencekamannya seperti pada gambar 4.3. Hal tersebut ditujukan agar pencekaman pada *die* menjadi lebih kuat untuk menahan gaya potong dari arah sumbu Z. Sehingga dalam proses simulasinya gambar CAD dari *raw material* yang digunakan juga mempunyai bentuk dan ukuran yang sama dengan *raw material* saat operasi pemesinan berlangsung.



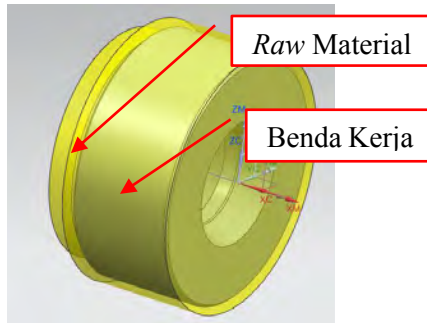
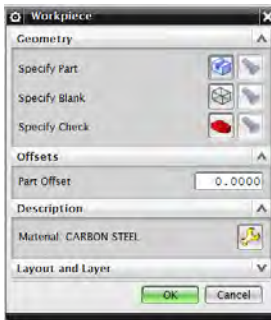
**Gambar 4.3.** Skema Pencekaman Benda Kerja *Die 1* Sisi Depan.

Gambar 4.4 adalah gambar CAD dari *raw material die 1* sisi depan. Gambar *raw material* tersebut dibuat pada *file* yang sama dengan gambar benda kerja *die 1* sisi depan.



**Gambar 4.4.** Gambar CAD *Raw Material Die 1* Sisi Depan

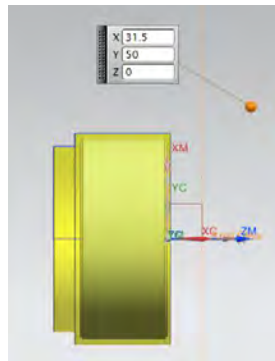
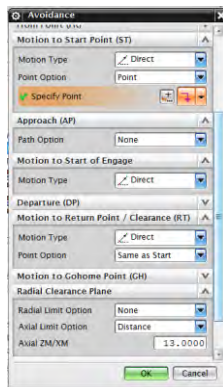
Proses pemilihan geometri benda kerja dan *raw material* dari *die 1* pada proses simulasi ditunjukkan pada gambar 4.5.



**Gambar 4.5.** Pemilihan Benda Kerja *Dies 1* Sisi Depan dan Raw Material

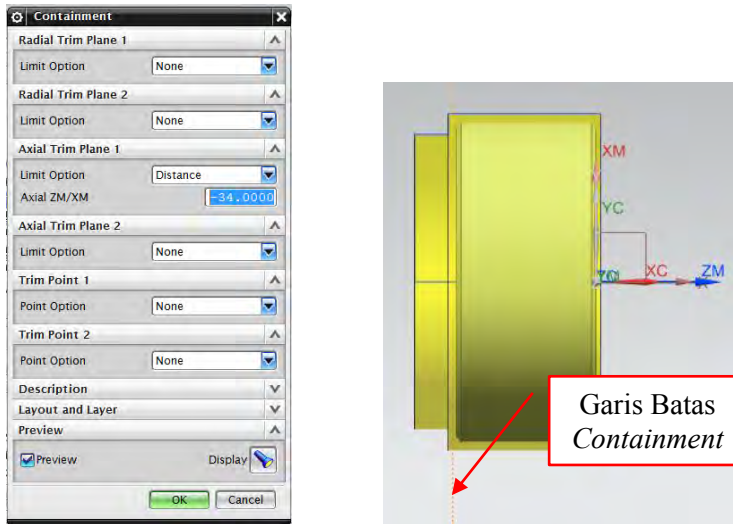
#### 4.1.4. Menentukan Daerah Tubrukan (*Collision Zones*)

Titik *default start point* pahat saat mendekati benda kerja setelah melakukan pergantian pahat diatur pada jarak yang seaman mungkin. Pada proses pembuatan *die 1* sisi depan ini jarak start point diatur pada titik X31.5 dan Y50 seperti ditunjukkan pada gambar 4.6. Sedangkan titik aman pahat sebelum melakukan penyayatan terhadap benda kerja (*Axial Limit*) secara *default* diatur pada jarak 13 mm dari titik datum benda kerja.



**Gambar 4.6.** Pengaturan Titik *Default Start Point* dan *Axial Limit*

Sedangkan untuk jarak batas *Containment* diatur pada jarak -34 mm dari titik datum benda kerja seperti terlihat pada gambar 4.7.



**Gambar 4.7.** Pengaturan Jarak Batas *Containment*

#### 4.1.5. Menentukan Pahat Potong Yang Akan Digunakan

Penentuan pahat potong yang digunakan pada proses simulasi harus mengacu pada jenis dan spesifikasi pahat yang digunakan pada kondisi sesungguhnya. Daftar dan spesifikasi pahat potong yang digunakan dalam pembuatan *die* 1 sisi depan ditunjukkan pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Daftar Pahat Potong yang Digunakan pada Pembuatan *Die 1*

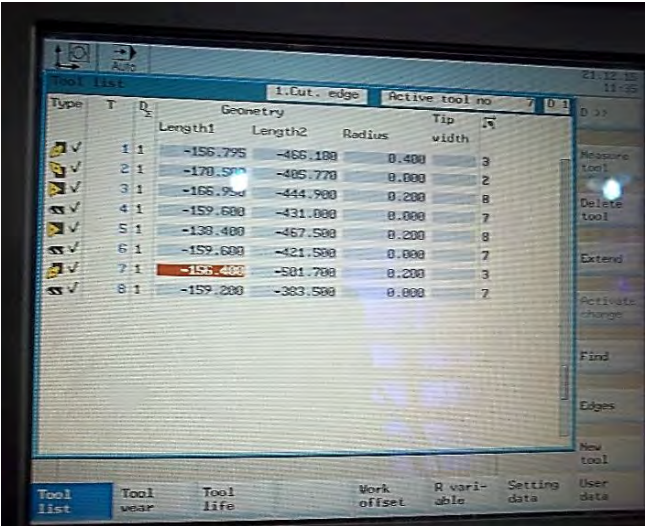
Station	Kode Program	Jenis Pahat Potong	Spesifikasi
7	T7	Pahat bubut luar	Material: <i>Carbide</i>
2	T2	Pahat bubut dalam	Material: <i>Carbide</i>
4	T4	<i>Center drill</i>	Material: HSS Jumlah mata potong (z): 2
8	T8	<i>Twistdrill</i> Ø 12 mm	Material: HSS Jumlah mata potong (z): 2
6	T6	<i>Twistdrill</i> Ø 20 mm	Material: HSS Jumlah mata potong (z): 2

Menurut buku pemrograman dan operating manual untuk Siemens Sinumerik 802D sl, mesin CNC *Turning* Leadwell LTC 20 B dapat menyimpan hingga 9 data kompensasi panjang pahat potong untuk setiap pahat potong yang terpasang pada *toolpost*. Dalam pemrograman *G Code* nya kesembilan data kompensasi pahat tersebut dapat dipanggil dengan perintah D1 hingga D9. Ketika perintah pemanggilan kompensasi tidak ditulis pada program maka data kompensasi D1 akan secara otomatis dipanggil. Dalam proses pemesinan *die 1* sisi depan data kompensasi pahat potong yang digunakan adalah data D1 untuk semua pahat potong, dimana nilai kompensasinya dapat dilihat pada gambar 4.8.

#### 4.1.6. Pemrograman Operasi Pemesinan

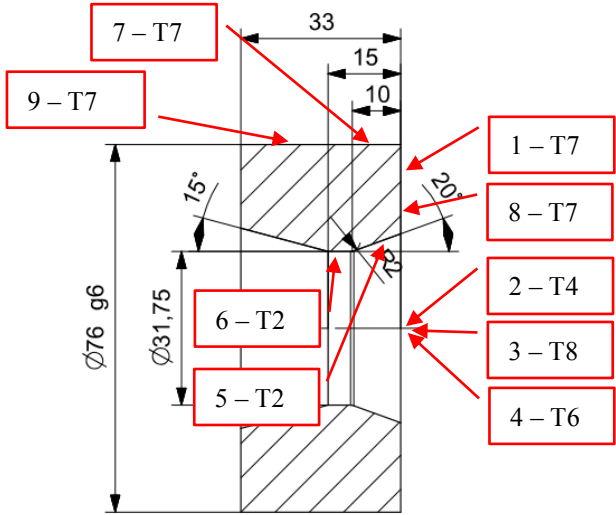
##### 4.1.6.1. Langkah-langkah Proses Pemotongan

Berdasarkan gambar teknik dari *die 1*, maka disiapkan rancangan pembuatannya untuk di proses pemesinan sesuai dengan bentuk dan ukuran serta memperhatikan toleransi yang telah ditentukan. Urutan proses pemotongan yang dilakukan dalam pembuatan *die 1* sisi depan ditunjukkan pada gambar 4.9.



Type	T	D	Geometry			Tip width	Active tool no
			Length1	Length2	Radius		
✓	1	1	-156.795	-466.100	0.400	3	7
✓	2	1	-170.500	-405.770	0.000	2	
✓	3	1	-166.950	-444.900	0.200	8	
✓	4	1	-159.600	-431.000	0.000	7	
✓	5	1	-139.400	-467.500	0.200	8	
✓	6	1	-159.600	-421.500	0.000	7	
✓	7	1	-158.400	-501.700	0.200	3	
✓	8	1	-159.200	-383.500	0.000	7	

**Gambar 4.8** Daftar Pahat Potong dan Nilai Kompensasinya pada *Toolpost* Mesin CNC



**Gambar 4.9** Skema Proses Pemesinan *Die* 1 Sisi Depan

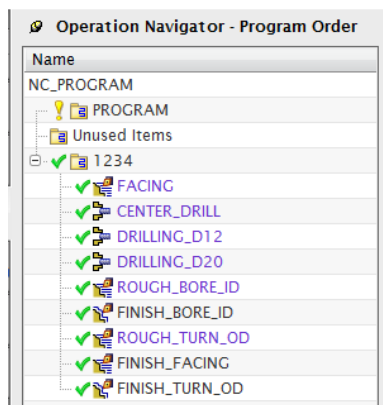
Keterangan gambar:

- 1–T7 *Facing* permukaan depan sedalam 0.8 mm, sehingga panjang benda kerja menjadi 43.2 mm. *Depth of cut* dari proses ini adalah 0.8 mm.
- 2–T4 *Drilling* dengan menggunakan *center drill* sedalam 5 mm.
- 3–T8 *Drilling* dengan menggunakan pahat *twistdrill* Ø12 mm sampai tembus (kedalaman 43.2 mm).
- 4–T6 *Drilling* dengan menggunakan pahat *twistdrill* Ø20 mm sampai tembus (kedalaman 43.2 mm).
- 5–T2 *Roughing boring* diameter dalam benda kerja dari ukuran Ø20 mm menjadi Ø 31.35 mm, dan pembuatan profil bersudut 20° hingga menyisakan ketebalan 0.02 mm dari ukuran desain untuk proses *finishing*. Maksimal *depth of cut* dari proses ini adalah 0.5 mm untuk setiap tahap pemotongan.
- 6–T2 *Finishing boring* bagian diameter dalam benda kerja dari ukuran Ø31.35 mm menjadi Ø 31.75 mm, dan mem-*finishing* profil bersudut 20°. *Depth of cut* dari proses ini adalah 0.2 mm.
- 7–T7 *Roughing diameter* luar dari ukuran Ø80 mm menjadi Ø76.4 mm. Maksimal *depth of cut* dari proses ini adalah 1 mm untuk setiap tahap pemakanan.
- 8–T7 *Finishing facing* permukaan depan sedalam 0.2 mm, sehingga panjang benda kerja menjadi 43 mm. *Depth of cut* dari proses ini adalah 0.2 mm.
- 9–T7 *Finishing* diameter luar dari ukuran Ø76.4 mm hingga Ø76 mm. *Depth of cut* dari proses ini adalah 0.2 mm.

Dikarenakan *die* 1 berjenis *die insert* sehingga pada waktu perakitannya nanti permukaan diameter luar *die* akan berkontak langsung dengan *retainer ring die* dan diameter dalam *die* akan berhubungan dengan *punch* maka permukaan diameter luar dan

diameter dalam terhadap sumbu axis *die* harus benar-benar dijaga kesilindrisannya. Sehingga pada operasi pembubutan diameter luar (diameter 76 mm) dan proses *boring* diameter dalam (diameter 31.75 mm dan sudut  $20^{\circ}$ ) dilakukan dari satu sisi saja (sisi depan), dengan pertimbangan jika proses penyayatan diameter luar dilakukan dari dua sisi (sisi depan kemudian belakang (bolak-balik)) ada kemungkinan terjadi ketidaksilindrisan antara permukaan diameter luar dan diameter dalam benda kerja karena *miss alignment* sumbu axis *die* akibat ketidaktepatan pemasangan benda kerja pada cekam saat proses membalik benda kerja.

Tampilan daftar pemilihan operasi pemessinan *die* 1 sisi depan pada simulasi CAM NX *Machining* ditunjukkan pada gambar 4.10.



**Gambar 4.10** Daftar Operasi Pemessinan *Die* 1 Sisi Depan

#### 4.1.6.2. Perhitungan Parameter Proses Pemessinan

Dalam pengaturan operasi pemessinan pada NX *Machining*, besarnya nilai kecepatan putaran sumbu utama ( $n$ ) dan nilai *feed* ( $f$ ) harus ditentukan. Nilai  $n$  dan  $f$  dapat dihitung dengan memperhatikan hubungan parameter kekerasan material benda kerja dengan jenis material pahat. Dari buku karangan *John. A Schey – Introduction To Manufacturing Process* pada grafik 16-45 (lampiran A.1.(a)), untuk benda kerja dengan kekerasan 190 HB



terhadap pahat *carbide* didapatkan nilai  $v_s$  sebesar 1.8 m/s dan  $f_s$  sebesar 0.5 mm. Sedangkan untuk benda kerja dengan kekerasan 190 HB terhadap pahat HSS didapatkan nilai  $v_s$  sebesar 0.5 m/s dan  $f_s$  sebesar 0.5 mm. Dari tabel 16-5 ((lampiran A.1.(b)) untuk proses bubut *roughing* diperoleh nilai  $Z_v$  sebesar 1 dan  $Z_f$  sebesar 1, sedangkan untuk proses bubut *finishing* diperoleh  $Z_v$  sebesar 1.2 – 1.3 dan  $Z_f$  sebesar 0.5.

Berikut akan dijelaskan perhitungan nilai kecepatan putaran sumbu utama, dan nilai *feed* tiap operasi pemesian untuk pembuatan *die* 1.

### A. Facing Roughing

Pada proses *facing* pahat yang digunakan adalah pahat bubut luar dengan material *carbide*. Maka kecepatan potongnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} v &= v_s \times Z_v \\ &= 1.8 \text{ m/s} \times 1 \\ &= 1.8 \text{ m/s} = 108000 \text{ mm/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dihitung dengan menggunakan rumus [2.3] dan [2.4]. Nilai kecepatan putaran mesin adalah:

$$n = \frac{v}{\pi \times d}$$

Dimana,

$$d = \frac{do + dm}{2}$$

Sehingga,

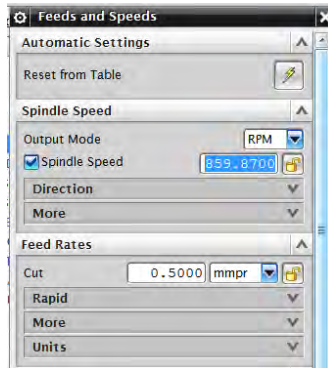
$$\begin{aligned} n &= \frac{108000 \text{ mm/min}}{\pi \times \left( \frac{80 \text{ mm} + 0}{2} \right)} \\ &= 859.87 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai gerak pemakanannya (*feed*) adalah:

$$\begin{aligned} f &= f_s \times Z_f \\ &= 0.5 \text{ mm/put} \times 1 \end{aligned}$$

$$= 0.5 \text{ mm/put}$$

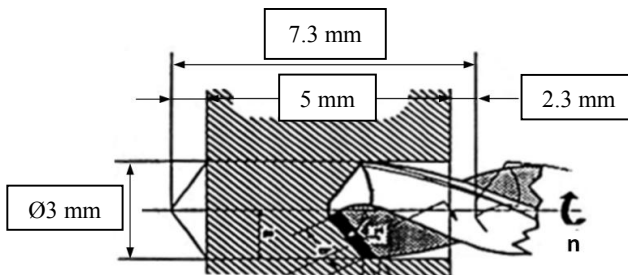
Tampilan dalam memasukkan nilai kecepatan sumbu utama dan *feeding* untuk proses *facing* pada NX Machining dapat dilihat pada gambar 4.11.



**Gambar 4.11** Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan *Feeding* untuk Proses *Roughing Facing*

### B. Center Drill

Pada proses ini pahat yang digunakan adalah pahat HSS *center drill* dengan diameter 3 mm, dan jumlah mata potong 2. Berikut adalah skema proses *drilling* yang akan dilakukan.



**Gambar 4.12** Skema Proses *Drilling* dengan *Center Drill*

Kecepatan potong dari proses *drilling* ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} v &= 0.7 \times v_s \\ &= 0.7 \times 0.5 \text{ m/s} \\ &= 0.35 \text{ m/s} = 21000 \text{ mm/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dicari dengan menggunakan rumus [2.6]. Nilai kecepatan putaran mesin adalah:

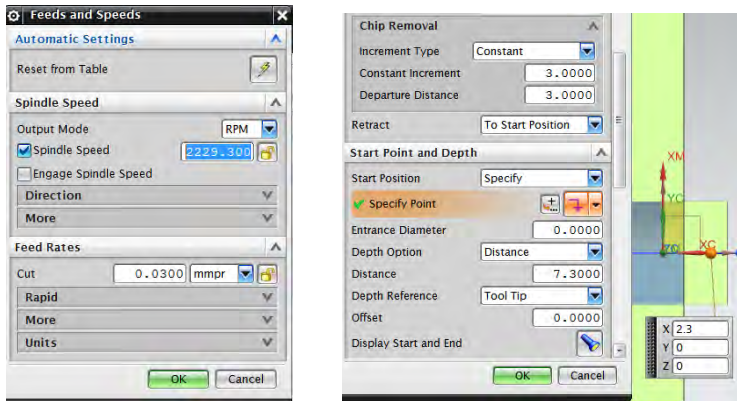
$$\begin{aligned} n &= \frac{v}{\pi \times d} \\ &= \frac{21000 \text{ mm/min}}{\pi \times 3 \text{ mm}} \\ &= 2229.29 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai gerak pemakanannya (*feed*) untuk bahan yang keras dan ulet adalah:

$$\begin{aligned} f &= 0.01 \times D \\ &= 0.01 \times 3 \text{ mm} \\ &= 0.03 \text{ mm/put} \end{aligned}$$

Agar hasil pemotongan baik, proses pemotongan hendaknya tidak dilakukan sekaligus melainkan secara bertahap. Pemotongan dibagi menjadi 2 tahap, dimana setiap tahap pemotongan memotong sedalam 3 mm kemudian kembali ke titik awal pemotongan.

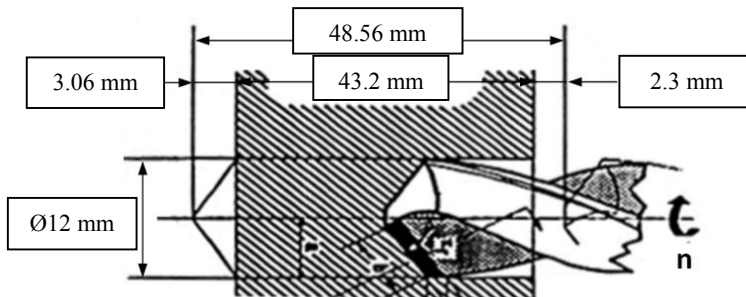
Tampilan dalam memasukkan nilai kecepatan sumbu utama dan *feeding* serta *cycle drilling* untuk proses *center drill* pada *NX Machining* dapat dilihat pada gambar 4.13.



**Gambar 4.13** Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan *Feeding* serta *Cycle Drilling* untuk Proses *Center Drill*

### C. Drilling Diameter 12 mm

Pada proses ini pahat yang digunakan adalah pahat HSS *twistdrill* dengan diameter 12 mm, dan jumlah mata potong 2. Berikut adalah skema proses panjang lintasan *drilling* yang akan dilakukan.



**Gambar 4.14** Skema proses *drilling* dengan *Twistdrill* Ø 12 mm

Setelah mengetahui panjang total lintasan *drilling*, kemudian dihitung apakah proses *drilling* termasuk dalam kategori *deep hole* apa tidak.

$$\frac{48.56 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} = 4.04$$

Karena *ratio* antara kedalaman lubang dengan diameter pahat potong lebih dari 4, maka proses *drilling* tersebut termasuk kategori *deep hole*.

Untuk perhitungan kecepatan potong dari proses *drilling* kategori *deep hole* ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} v &= (0.7 \times v_s) - (0.2 \times (0.7 \times v_s)) \\ &= (0.7 \times 0.5 \text{ m/s}) - (0.2 \times (0.7 \times 0.5 \text{ m/s})) \\ &= 0.315 \text{ m/s} = 18900 \text{ mm/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dicari dengan menggunakan rumus [2.6]. Nilai kecepatan putaran mesin adalah:

$$\begin{aligned} n &= \frac{v}{\pi \times d} \\ &= \frac{18900 \text{ mm/min}}{\pi \times 12 \text{ mm}} \\ &= 501.59 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai gerak pemakanannya (*feed*) untuk bahan yang keras dan ulet adalah:

$$\begin{aligned} f &= 0.01 \times D \\ &= 0.01 \times 12 \text{ mm} \\ &= 0.12 \text{ mm/put} \end{aligned}$$

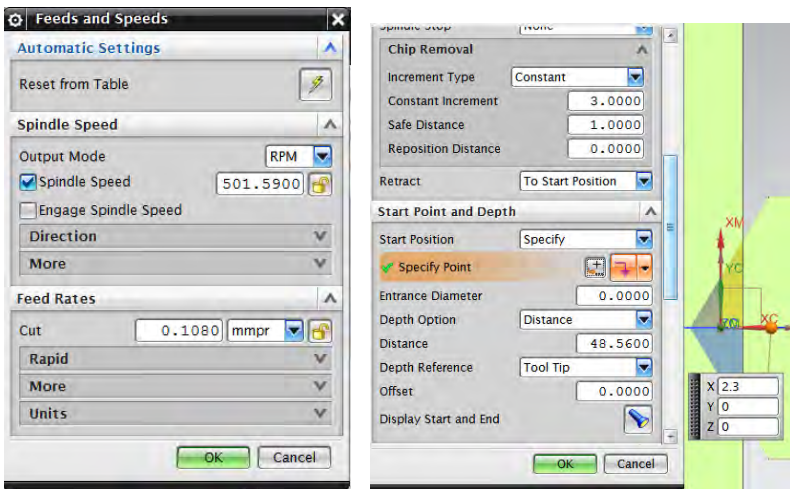
Karena proses *drilling* yang dilakukan bersifat *deep hole* maka nilai *feed* nya menjadi:

$$\begin{aligned} f_{\text{deep hole}} &= f - (0.1 \times f) \\ &= 0.12 \text{ mm/put} - (0.1 \times 0.12 \text{ mm/put}) \\ &= 0.108 \text{ mm/put} \end{aligned}$$

Agar hasil pemotongan baik, proses pemotongan hendaknya tidak dilakukan sekaligus melainkan secara

bertahap. Setiap tahap pemotongan memotong sedalam 3 mm kemudian kembali ke titik awal pemotongan untuk membuang geram. Tahapan pemotongan tersebut dilakukan hingga akhir lintasan *drilling* (48.56 mm).

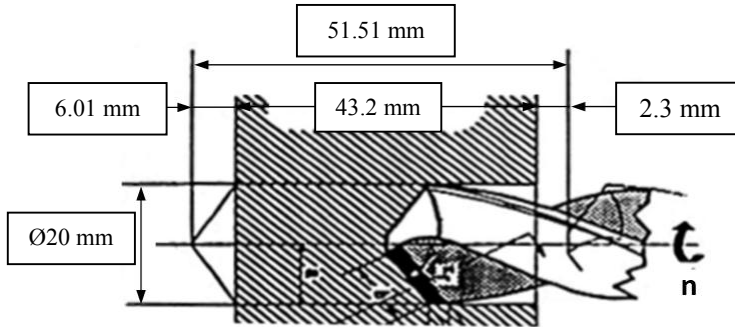
Tampilan dalam memasukkan nilai kecepatan sumbu utama dan *feeding* serta *cycle drilling* untuk proses *drilling* diameter 12 mm pada *NX Machining* dapat dilihat pada gambar 4.15.



**Gambar 4.15** Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan *Feeding* serta *Cycle Drilling* untuk Proses *Drill* Diameter 12 mm

#### D. Drill Diameter 20 mm

Pada proses ini pahat yang digunakan adalah pahat HSS *twistdrill* dengan diameter 20 mm, dan jumlah mata potong 2. Berikut adalah skema proses *drilling* yang akan dilakukan.



**Gambar 4.16** Skema proses *drilling* dengan *Twistdrill* Ø 20 mm

Setelah mengetahui panjang total lintasan *drilling*, kemudian dihitung apakah proses *drilling* termasuk dalam kategori *deep hole* apa tidak.

$$\frac{51.51 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} = 2.575$$

Karena *ratio* antara kedalaman lubang dengan diameter pahat potong kurang dari 3, maka proses *drilling* tersebut tidak termasuk kategori *deep hole*.

Kecepatan potong dari proses ini adalah:

$$\begin{aligned} v &= 0.7 \times v_s \\ &= 0.7 \times 0.5 \text{ m/s} \\ &= 0.35 \text{ m/s} = 21000 \text{ mm/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dicari dengan menggunakan rumus [2.6]. Nilai kecepatan putaran mesin adalah:

$$\begin{aligned} n &= \frac{v}{\pi \times d} \\ &= \frac{21000 \text{ mm/min}}{\pi \times 20 \text{ mm}} \\ &= 334.39 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai gerak pemakanannya (*feed*) untuk bahan yang keras dan ulet adalah:

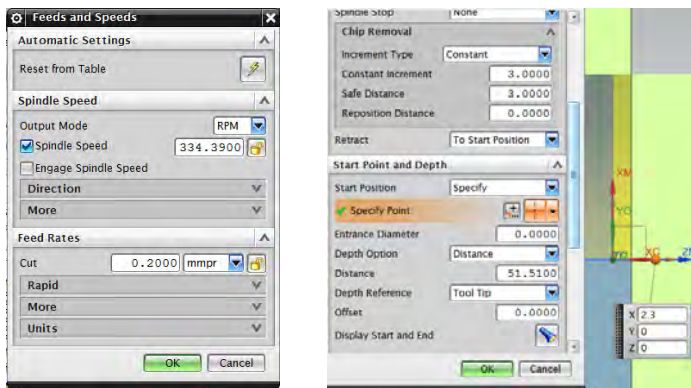
$$f = 0.01 \times D$$

$$= 0.01 \times 20 \text{ mm}$$

$$= 0.2 \text{ mm/put}$$

Agar hasil pemotongan baik, proses pemotongan hendaknya tidak dilakukan sekaligus melainkan secara bertahap. Setiap tahap pemotongan memotong sedalam 3 mm kemudian kembali ke titik awal pemotongan untuk membuang geram. Tahapan pemotongan tersebut dilakukan hingga akhir lintasan *drilling* (52.51 mm).

Tampilan dalam memasukkan nilai kecepatan sumbu utama dan *feeding* serta *cycle drilling* untuk proses *drilling* diameter 20 mm pada NX Machining dapat dilihat pada gambar 4.17.



**Gambar 4.17** Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan *Feeding* serta *Cycle Drilling* untuk Proses *Drill* Diameter 20 mm

### E. Bubut *Roughing* Diameter Dalam (*Boring*)

Pada proses bubut *roughing* diameter dalam pahat yang digunakan adalah pahat bubut dalam dengan material *carbide*. Maka kecepatan potongnya adalah:

$$v = v_s \times Z_v$$

$$= 1.8 \text{ m/s} \times 1$$

$$= 1.8 \text{ m/s} = 108000 \text{ mm/min}$$



Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dihitung dengan menggunakan rumus [2.3] dan [2.4]. Nilai kecepatan putaran mesin adalah:

$$n = \frac{v}{\pi \times d}$$

Dimana,

$$d = \frac{do + dm}{2}$$

Sehingga,

$$n = \frac{108000 \text{ mm/min}}{\pi \times \left( \frac{38.62 \text{ mm} + 20 \text{ mm}}{2} \right)}$$

$$= 1173.49 \text{ rpm}$$

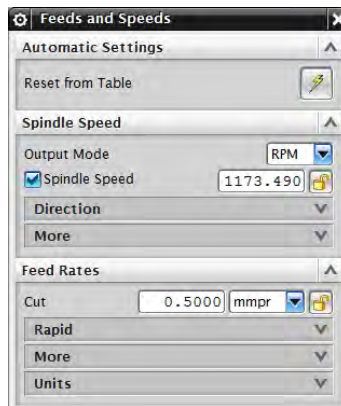
Sedangkan nilai gerak pemakanannya (*feed*) adalah:

$$f = f_s \times Z_f$$

$$= 0.5 \text{ mm/rev} \times 1$$

$$= 0.5 \text{ mm/rev}$$

Tampilan dalam memasukkan nilai kecepatan sumbu utama dan *feeding* untuk proses *roughing boring* pada NX *Machining* dapat dilihat pada gambar 4.18.



**Gambar 4.18** Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan *Feeding* untuk Proses *Roughing Boring*

### F. Bubut *Finishing* Diameter Dalam (*Boring*)

Pada proses bubut *finishing* diameter dalam pahat yang digunakan adalah pahat bubut dalam dengan material *carbide*. Maka kecepatan potongnya adalah:

$$\begin{aligned} v &= v_s \times Z_v \\ &= 1.8 \text{ m/s} \times 1.2 \\ &= 2.16 \text{ m/s} = 129600 \text{ mm/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dihitung dengan menggunakan rumus [2.3] dan [2.4]. Nilai kecepatan putaran mesin adalah:

$$n = \frac{v}{\pi \times d}$$

Dimana,

$$d = \frac{do + dm}{2}$$

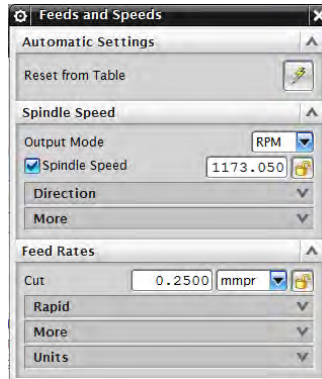
Sehingga,

$$\begin{aligned} n &= \frac{129600 \text{ mm/min}}{\pi \times \left( \frac{39.02 \text{ mm} + 31.35 \text{ mm}}{2} \right)} \\ &= 1173.05 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai gerak pemakanannya (*feed*) adalah:

$$\begin{aligned} f &= f_s \times Z_f \\ &= 0.5 \text{ mm/rev} \times 0.5 \\ &= 0.25 \text{ mm/rev} \end{aligned}$$

Tampilan dalam memasukkan nilai kecepatan sumbu utama dan *feeding* untuk proses *finishing boring* pada NX *Machining* dapat dilihat pada gambar 4.19.



**Gambar 4.19** Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan *Feeding* untuk Proses *Finishing Boring*

### G. Bubut *Roughing* Diameter Luar

Pada proses bubut *roughing* diameter luar pahat yang digunakan adalah pahat bubut luar dengan material *carbide*. Maka kecepatan potongnya adalah:

$$\begin{aligned} v &= v_s \times Z_v \\ &= 1.8 \text{ m/s} \times 1 \\ &= 1.8 \text{ m/s} = 108000 \text{ mm/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dihitung dengan menggunakan rumus [2.3] dan [2.4]. Nilai kecepatan putaran mesin adalah:

$$n = \frac{v}{\pi \times d}$$

Dimana,

$$d = \frac{do + dm}{2}$$

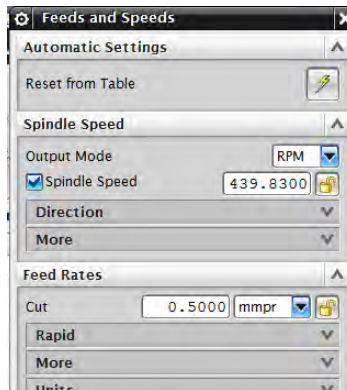
Sehingga,

$$\begin{aligned} n &= \frac{108000 \text{ mm/min}}{\pi \times \left( \frac{80 \text{ mm} + 76.4 \text{ mm}}{2} \right)} \\ &= 439.83 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai gerak pemakanannya (*feed*) adalah:

$$\begin{aligned} f &= f_s \times Z_f \\ &= 0.5 \text{ mm/put} \times 1 \\ &= 0.5 \text{ mm/put} \end{aligned}$$

Tampilan dalam memasukkan nilai kecepatan sumbu utama dan *feeding* untuk proses *roughing* diameter luar pada NX Machining dapat dilihat pada gambar 4.20.



**Gambar 4.20** Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan *Feeding* untuk Proses *Roughing* Diameter Luar

## H. *Finishing Facing*

Pada proses bubut *facing finishing* pahat yang digunakan adalah pahat bubut luar dengan material *carbide*. Maka kecepatan potongnya adalah:

$$\begin{aligned} v &= v_s \times Z_v \\ &= 1.8 \text{ m/s} \times 1.2 \\ &= 2.16 \text{ m/s} = 129600 \text{ mm/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dihitung dengan menggunakan rumus [2.3] dan [2.4]. Nilai kecepatan putaran mesin adalah:

$$n = \frac{v}{\pi \times d}$$

Dimana,

$$d = \frac{do + dm}{2}$$

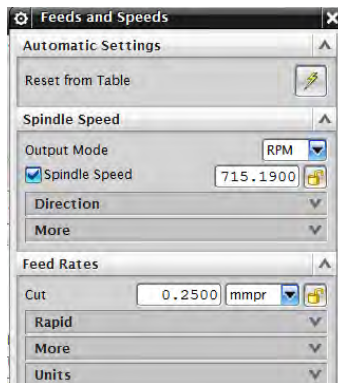
Sehingga,

$$n = \frac{129600 \text{ mm / min}}{\pi \times \left( \frac{76.4 \text{ mm} - 39.02 \text{ mm}}{2} \right)} = 715.19 \text{ rpm}$$

Sedangkan nilai gerak pemakanannya (*feed*) adalah:

$$\begin{aligned} f &= f_s \times Z_f \\ &= 0.5 \text{ mm/put} \times 0.5 \\ &= 0.25 \text{ mm/put} \end{aligned}$$

Tampilan dalam memasukkan nilai kecepatan sumbu utama dan *feeding* untuk proses *finishing facing* pada NX *Machining* dapat dilihat pada gambar 4.21.



**Gambar 4.21** Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan *Feeding* untuk Proses *Finishing Facing*

### I. Bubut *Finishing* Diameter Luar

Pada proses bubut *finishing* diameter dalam pahat yang digunakan adalah pahat bubut luar dengan material *carbide*. Maka kecepatan potongnya adalah:

$$\begin{aligned} v &= v_s \times Z_v \\ &= 1.8 \text{ m/s} \times 1.2 \\ &= 2.16 \text{ m/s} = 129600 \text{ mm/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dihitung dengan menggunakan rumus [2.3] dan [2.4]. Nilai kecepatan putaran mesin adalah:

$$n = \frac{v}{\pi \times d}$$

Dimana,

$$d = \frac{d_o + d_m}{2}$$

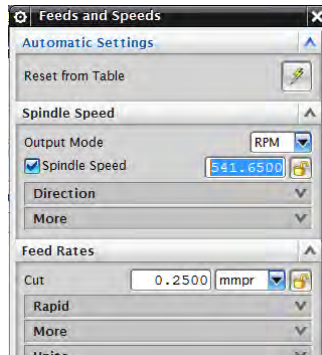
Sehingga,

$$\begin{aligned} n &= \frac{129600 \text{ mm/min}}{\pi \times \left( \frac{76.4 \text{ mm} + 76 \text{ mm}}{2} \right)} \\ &= 541.65 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai gerak pemakanannya (*feed*) adalah:

$$\begin{aligned} f &= f_s \times Z_f \\ &= 0.5 \text{ mm/put} \times 0.5 \\ &= 0.25 \text{ mm/put} \end{aligned}$$

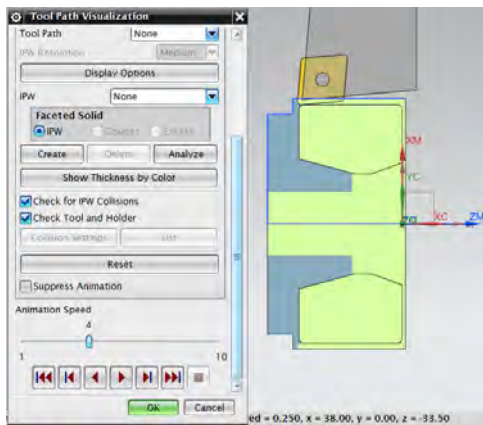
Tampilan dalam memasukkan nilai kecepatan sumbu utama dan *feeding* untuk proses bubut *finishing* diameter luar pada NX *Machining* dapat dilihat pada gambar 4.22.



**Gambar 4.22** Nilai Kecepatan Sumbu Utama dan *Feeding* untuk Proses *Finishing* Bubut Luar

#### 4.1.7. Verifikasi Operasi Pemessinan

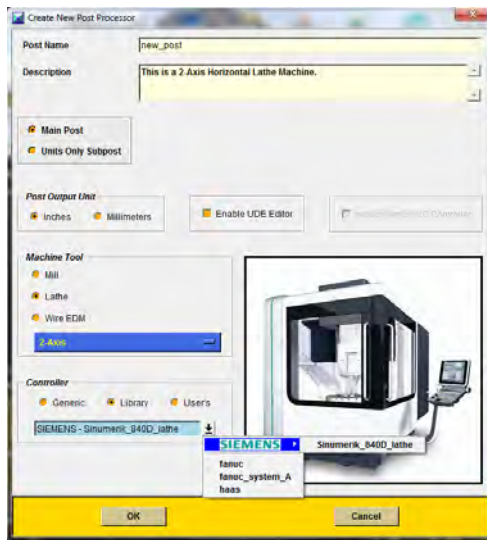
Setelah selesai melakukan pengaturan operasi pemessinan, kemudian dilanjutkan dengan memverifikasi atau mengecek *toolpath* yang telah dibuat pada proses sebelumnya. Gambar 4.23 adalah tampilan pada saat melakukan simulasi untuk memverifikasi gerakan pahat pada operasi pemessinan *die* 1 sisi depan.



**Gambar 4.23** Proses Simulasi untuk Memverifikasi Gerakan Pahat Operasi Pemessinan *Die* 1 Sisi depan

#### 4.2. Pembuatan G Code Pemесinan Die 1 Dengan NX Machining

Secara *default* NX Machining tidak menyediakan *post-processor* G Code untuk sistem kontrol Siemens Sinumerik 802D sl. Lampiran B.8 adalah hasil penerjemahan proses pemесinan *die* 1 kedalam bentuk G Code dengan menggunakan salah satu dari dua *post-processor* yang disediakan NX Machining untuk mesin CNC jenis bubut yaitu Lathe\_2\_Axis\_Turret\_Ref. Karena belum tersedianya *post-processor* untuk sistem kontrol Siemens Sinumerik 802D sl maka diperlukan pembuatan *post-processor* terlebih dahulu dengan menggunakan perangkat lunak NX/Post Builder.



**Gambar 4.24** Library Program Untuk Mesin CNC Turning Pada NX/PostBuilder

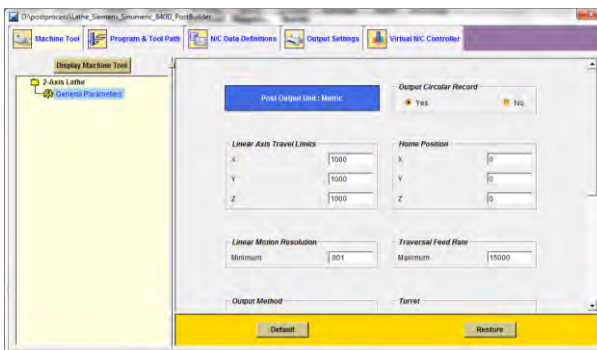
Seperti ditunjukkan pada gambar 4.24, pada library *post-processor* perangkat lunak NX/Post Builder untuk jenis mesin bubut, tidak tersedia *post-processor* untuk Siemens Sinumerik 802D sl, namun disana telah tersedia *post-processor* untuk



program Siemens Sinumeric 840D Lathe. Sehingga untuk membuat *post-processor* yang diperlukan, dapat dengan cara membuat *post-processor* untuk program Siemens Sinumeric 840D terlebih dahulu kemudian memodifikasi *post-processor* tersebut sesuai dengan kebutuhan Siemens Sinumerik 802D sl. Dengan menggunakan *post-processor* Siemens Sinumeric 840D Lathe hasil penerjemahan proses pemesinan *die* 1 kedalam bentuk *G Code* dengan NX *Machining* dapat dilihat pada lampiran B.9.

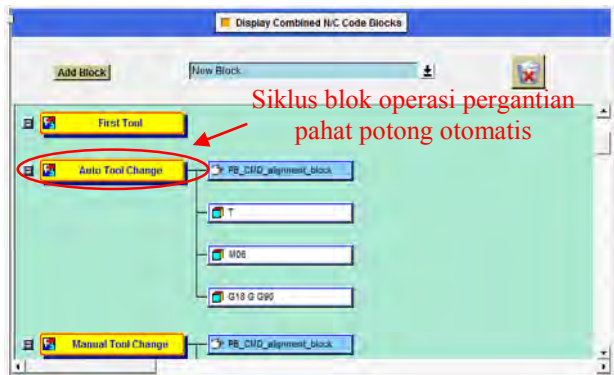
Setelah mengecek *G Code* hasil *post-processor* Siemens Sinumeric 840D Lathe terhadap buku pemrograman dan operating manual untuk Siemens Sinumerik 802D sl dan kondisi mesin CNC diketahui bahwa terdapat bagian program yang harus dimodifikasi. Modifikasi yang dilakukan adalah penambahan perintah G75. Perintah G75 adalah perintah pergerakan pahat menuju titik referensi tetap mesin (*fixed*) sebelum melakukan pergantian pahat potong. Proses modifikasi *post-processor* pada NX/Post Builder adalah sebagai berikut.

- a. Membuka *post-processor* Siemens Sinumeric 840D Lathe pada NX/Post Builder dengan cara memilih menu open kemudian memilih file *post-processor* yang akan di modifikasi, sehingga akan muncul tampilan seperti gambar 4.25.



**Gambar 4.25** Tampilan Awal NX/Post Builder pada Saat Proses Modifikasi *Post-processor*

- b. Memilih menu *Program & Tool Path*, kemudian *Operation Start Sequence* maka akan terlihat tampilan seperti pada gambar 4.26.



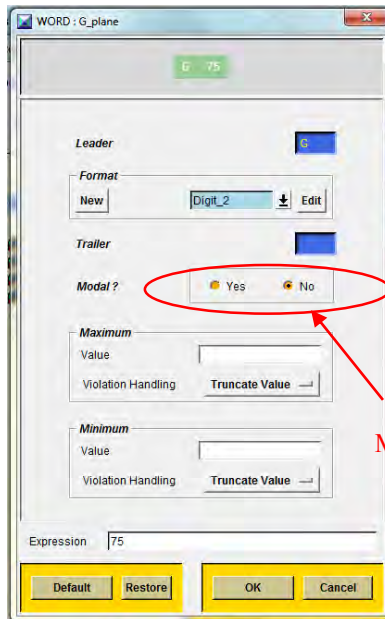
**Gambar 4.26** Tampilan *Operation Start Sequence* pada NX/Post Builder

- c. Menambah proses operasi pada bagian awal siklus blok *Auto Tool Change* dengan cara meng-klik dan tahan tombol *Add Block* kemudian menyeret tombol tersebut di samping blok *Auto Tool Change*. Sehingga akan terlihat tampilan seperti gambar 4.27.



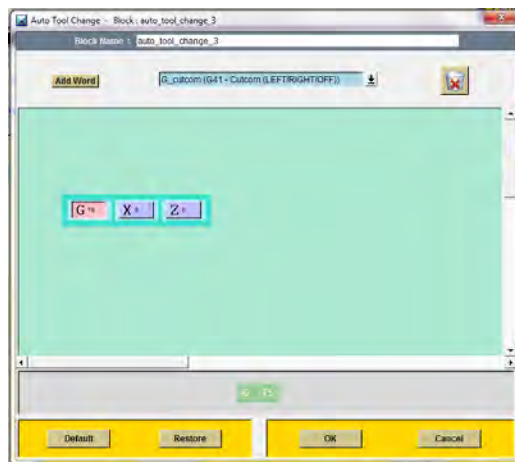
**Gambar 4.27** Tampilan Awal Penambahan Blok Operasi

- d. Memberikan masukan perintah pemrograman G75 X0. Z0. (perintah kembali ke titik referensi pergantian alat potong X0 dan Z0) dengan cara memilih daftar kode huruf NC yang akan digunakan, kemudian meng-klik dan tahan tombol *Add Word* kemudian seret tombol tersebut kedalam bidang program. Karena pada bagian daftar kode huruf NC tidak terdapat perintah G75, maka dapat dibuat secara manual dengan cara memilih *G-user defined expression*, lalu menyeret tombol *Add Word* kedalam bidang program kemudian mengetik angka 75. Dikarenakan perintah G75 bersifat *non-modal*, maka perlu pengaturan blok agar program dapat bekerja dengan baik. *Modal* dan *non-modal* adalah sifat dari perintah program, dimana jika suatu perintah yang bersifat *modal* dipanggil, maka perintah tersebut akan terus aktif secara otomatis sampai dilakukan perintah penghentian perintah atau di ganti dengan perintah lain yang sejenis. Sedangkan *non-modal* adalah sifat program dimana jika perintah yang bersifat *non-modal* dipanggil maka perintah tersebut hanya aktif pada saat itu saja. Pengaturan *non modal* pada perintah G75 dapat dilihat pada gambar 4.28 Tampilan akhir penambahan blok operasi dapat dilihat pada gambar 4.29. Dengan penambahan blok pergerakan pahat potong, maka siklus blok pergantian pahat potong secara otomatis akan menjadi seperti gambar 4.30.

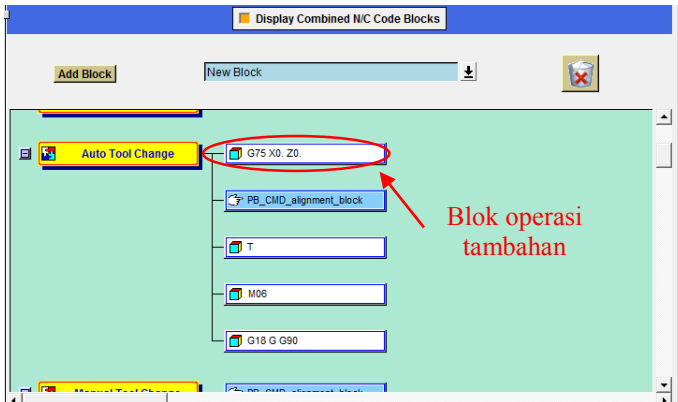


Pengaturan  
Modal/Non Modal

**Gambar 4.28** Pengaturan Sifat *Non Modal* pada G75

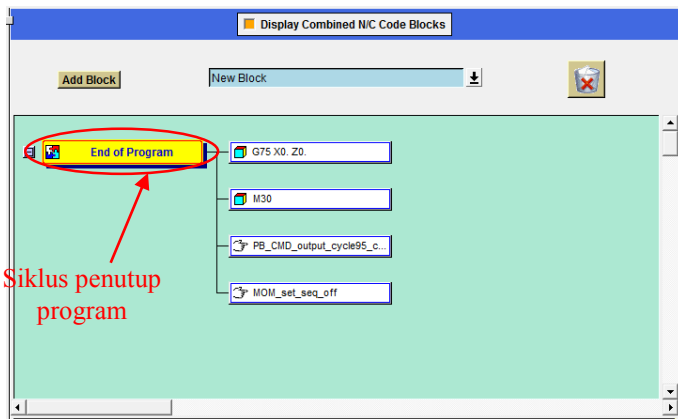


**Gambar 4.29** Tampilan Akhir Penambahan Blok Operasi



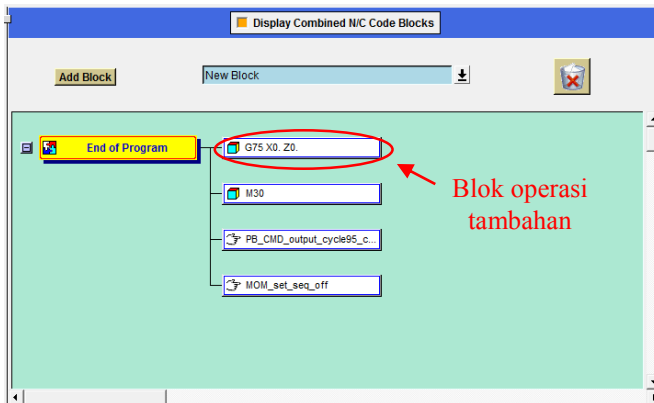
**Gambar 4.30** Tampilan Siklus Blok Pergantian Pahat Potong Setelah Dimodifikasi

- e. Memilih *Program End Sequence* pada menu *Program & Tool Path* sehingga terlihat tampilan seperti gambar 4.31.



**Gambar 4.31** Tampilan *Program End Sequence* pada NX/Post Builder

- f. Menambahkan blok perintah pemrograman G75 X0 Z0 pada bagian awal siklus blok *End of Program* dengan cara yang sama dengan langkah c dan d sehingga terlihat tampilan seperti gambar 4.32. Penambahan blok ini bertujuan agar setelah semua program operasi pemotongan sudah dijalankan, pahat akan bergerak menuju titik referensi sebelum akhirnya program ditutup dengan perintah M30 (perintah penutupan program).



**Gambar 4.32** Tampilan Siklus Blok *End of Program* Setelah Dimodifikasi

- g. Menyimpan *post-processor* hasil modifikasi.

Dengan menggunakan *post-processor* yang telah dimodifikasi (Siemens Sinumerik 802D sl) hasil penerjemahan proses pemesinan *die 1* sisi depan kedalam bentuk *G Code* dengan *NX Machining* dapat dilihat pada lampiran B.10. Secara umum perbedaan hasil program *G Code* pemesinan *die 1* antara *post-processor* *Lathe\_2\_Axis\_Turret\_Ref*, Siemens Sinumeric 840D Lathe, dan Siemens Sinumerik 802D sl dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Perbandingan Siklus Program Pergantian Pahat  
Hasil *Post-processor* Pemesinan Die 1 Sisi Depan

<i>Lathe 2 Axis Turret Ref (General Post Processing)</i>	<i>Siemens Sinumeric 840D Lathe</i>	<i>Siemens Sinumerik 802D sl</i>
%	N10 G40 G18 G710	N10 G40 G18 G710
N0010 G94 G90 G20	G90	G90
N0020 G50 X0.0 Z0.0	N20 ;Operation :	N20 ;Operation :
:0030 T07 H00 M06	FACING	FACING
.	N30 DIAMON	N30 DIAMON
.	N40 T7	N40 G75 X0.0 Z0.0
.	N50 M06	N50 T7
N0110 G94 G00 X0.0	.	N60 M06
Z10.	.	.
N0120 M09	.	.
N0130 X0.0 Z0.0	N140 G00 X0.0 Z10.	.
:0140 T04 H01 M06	N150 M09	N150 G00 X0.0 Z10.
.	N160 ;Operation :	N160 M09
.	CENTER_DRILL	N170 ;Operation :
.	N170 DIAMON	CENTER_DRILL
N4350 G01 Z-34.	N180 T4	N180 DIAMON
N4360 X38.8485 Z-	N190 M06	N190 G75 X0.0 Z0.0
33.1515 F1.	.	N200 T4
N4370 G94 G00 X50.	.	N210 M06
Z31.5	.	.
N4380 M09	N4550 G01 Z-34.	.
N4390 M02	N4560 X77.697 Z-	.
%	33.151 F1.	N4610 G01 Z-34.
	N4570 G00 X100.	N4620 X77.697 Z-
	Z31.5	33.151 F1.
	N4580 M09	N4630 G00 X100.
	N4590 M30	Z31.5
		N4640 M09
		N4650 G75 X0.0
		Z0.0
		N4660 M30

### 4.3. *Running Test G Code* Pemesinan Die 1 Sisi Depan Pada Mesin CNC

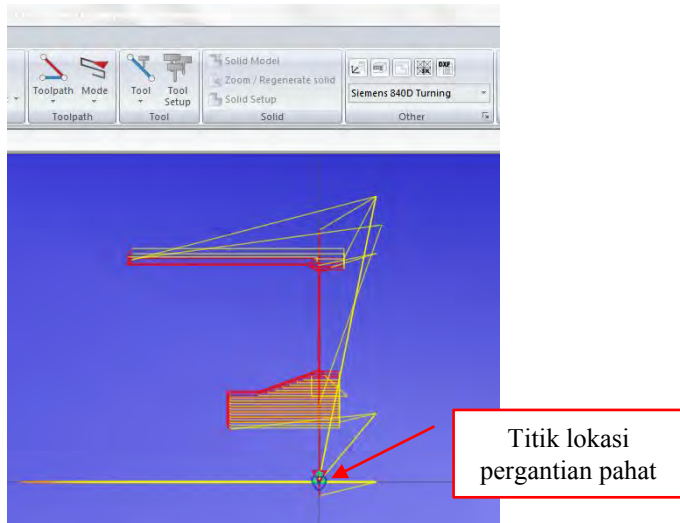
Sebelum dilakukan *running test G Code* pada mesin CNC, terlebih dahulu dilakukan pengecekan *backplot toolpath* hasil penerjemahan *G Code* pemesinan die 1 dengan menggunakan perangkat lunak CIMCO Edit dan kemudian menyimpan file data *G Code* hasil *backplot* tersebut menjadi file berekstensi **.mpf** sehingga mesin CNC *Turning Leadwell LTC 20 B* dapat membaca file *G Code* tersebut. CIMCO Edit adalah perangkat lunak yang

dapat digunakan untuk merubah dan mengecek program *G Code* terhadap kontrol mesin CNC yang sudah disediakan pada daftar *library* perangkat lunak tersebut. Dengan menggunakan perangkat lunak CIMCO Edit dapat diperiksa *backplot* dari pergerakan *toolpath* hasil penerjemahan *G Code* apakah sudah sesuai dengan jenis program mesin yang digunakan apa belum. Daftar kontrol mesin CNC yang disediakan pada *library* CIMCO Edit dapat dilihat pada lampiran A.4

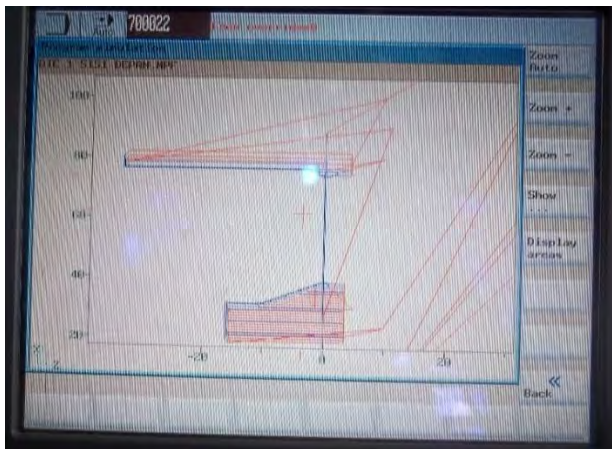
Gambar 4.33 merupakan *backplot toolpath* hasil penerjemahan *G Code* untuk proses pemesian *die 1* dengan menggunakan jenis program Siemens 840D *Turning* pada perangkat lunak CIMCO Edit. Garis kuning adalah perwakilan gerakan pahat *rapid traverse* (G00) sedangkan garis merah adalah perwakilan gerakan pahat yang dipengaruhi oleh *feed* atau *feedrate*. Posisi titik referensi mesin dan titik lokasi pergantian pahat berada pada persimpangan garis hitam vertikal dan horizontal. Berdasarkan *backplot* pergerakan *toolpath* tersebut dapat disimpulkan bahwa *G Code* sudah benar. Sebelum melakukan melakukan proses berikutnya yaitu proses *running test G Code* pada mesin CNC, terlebih dahulu harus menghapus program data informasi pembuatan *G Code* oleh NX *Machining* (bagian pertama program *G Code*), karena program tersebut tidak dapat dibaca oleh mesin CNC. Selain itu harus menyimpan data *G Code* dan hasil *backplot* tersebut menjadi satu *file* berekstensi **.mpf**.

Gambar 4.34 adalah tampilan hasil *backplot* pergerakan pahat yang ditunjukkan pada layar monitor mesin CNC pada saat *running test* dilakukan.





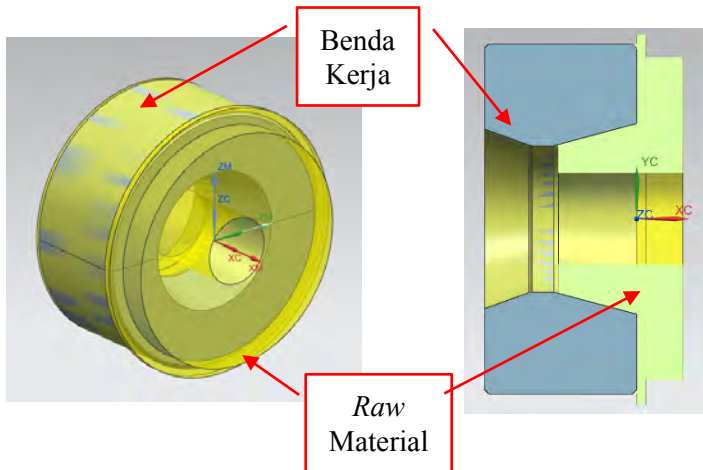
**Gambar 4.33** Hasil *Backplot G Code* Proses Pemesinan Die 1 Sisi Depan pada Perangkat Lunak CIMCO Edit



**Gambar 4.34** *Backplot* Pergerakan Pahat pada *Running Test* Proses Pemesinan Die 1 Sisi Depan di Mesin CNC

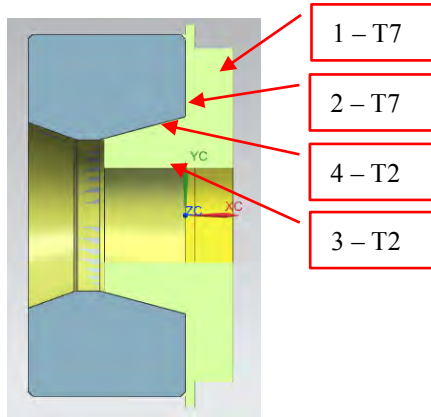
#### 4.4. Proses Simulasi CAM dan Pembuatan *G Code* Pemesinan *Die 1 Sisi Belakang*

Setelah selesai dengan pembuatan *G Code die 1 sisi depan*, maka selanjutnya dilakukan pembuatan *G Code die 1 sisi belakang*. Secara umum langkah-langkah yang dilakukan pada proses simulasi dan pembuatan *G Code* sama dengan langkah pembuatan *G Code* untuk sisi depan. Perbedaan yang paling menonjol terletak pada gambar CAD benda kerja dan *raw material* yang harus dibuat terbalik, jumlah proses pemesinan yang digunakan, serta perhitungan parameter proses pemesinannya. Gambar CAD dari *die 1 sisi belakang* dan *raw material*nya dapat dilihat pada gambar 4.35 berikut.



**Gambar 4.35** Gambar CAD *Die 1 Sisi Belakang* dan *Raw Material*

Urutan proses pemotongan dan operasi pemesinan yang dilakukan dalam pembuatan *die 1 sisi belakang* ditunjukkan pada gambar 4.36 berikut.

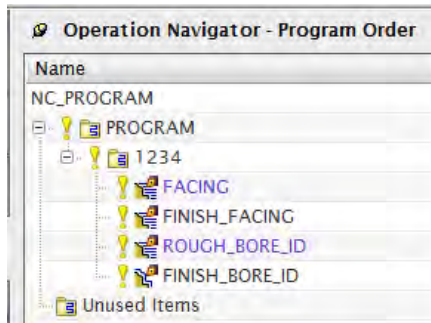


**Gambar 4.36** Skema Proses Pemesinan *Die* 1 Sisi Belakang

Keterangan gambar:

- 1-T7 *Facing* permukaan dengan kedalaman total 9.8 mm, sehingga panjang benda kerja menjadi 33.2 mm. Maksimal *depth of cut* dari proses ini adalah 1 mm untuk setiap tahap pemotongan.
- 2-T7 *Finishing facing* permukaan sedalam 0.2 mm, sehingga panjang benda kerja menjadi 33 mm. *Depth of cut* dari proses ini adalah 0.2 mm.
- 3-T2 *Roughing boring* permukaan diameter dalam benda untuk membuat profil bersudut 15° hingga menyisakan ketebalan 0.02 mm dari ukuran desain untuk proses *finishing*. Maksimal *depth of cut* dari proses ini adalah 0.5 mm untuk setiap tahap pemotongan.
- 4-T2 *Finishing boring* bagian permukaan diameter dalam benda kerja pada profil bersudut 20°. *Depth of cut* dari proses ini adalah 0.2 mm.

Tampilan daftar operasi pemesinan *die* 1 sisi belakang pada simulasi CAM NX *Machining* ditunjukkan pada gambar 4.37.



**Gambar 4.37** Daftar Operasi Pemesinan *Die* 1 Sisi Belakang

Perhitungan nilai kecepatan putaran *spindel* dan nilai *feed* untuk operasi pemesinan *die* 1 sisi belakang adalah sebagai berikut.

#### **A. Facing Roughing**

Pada proses *facing* pahat yang digunakan adalah pahat bubut luar dengan material *carbide*. Maka kecepatan potongnya adalah:

$$\begin{aligned} v &= v_s \times Z_v \\ &= 1.8 \text{ m/s} \times 1 \\ &= 1.8 \text{ m/s} = 108000 \text{ mm/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dihitung dengan menggunakan rumus [2.3] dan [2.4]. Nilai kecepatan putaran mesin adalah:

$$n = \frac{v}{\pi \times d}$$

Dimana,

$$d = \frac{do + dm}{2}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} n &= \frac{108000 \text{ mm/min}}{\pi \times \left( \frac{80 \text{ mm} + 20}{2} \right)} \\ &= 687.90 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai gerak pemakanannya (*feed*) adalah:

$$\begin{aligned} f &= f_s \times Z_f \\ &= 0.5 \text{ mm}/\text{put} \times 1 \\ &= 0.5 \text{ mm}/\text{put} \end{aligned}$$

### B. Facing *Finishing*

Pada proses bubut *facing finishing* pahat yang digunakan adalah pahat bubut luar dengan material *carbide*. Maka kecepatan potongnya adalah:

$$\begin{aligned} v &= v_s \times Z_v \\ &= 1.8 \text{ m}/\text{s} \times 1.2 \\ &= 2.16 \text{ m}/\text{s} = 129600 \text{ mm}/\text{min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dihitung dengan menggunakan rumus [2.3] dan [2.4]. Nilai kecepatan putaran mesin adalah:

$$n = \frac{v}{\pi \times d}$$

Dimana,

$$d = \frac{do + dm}{2}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} n &= \frac{129600 \text{ mm} / \text{min}}{\pi \times \left( \frac{80 \text{ mm} + 20 \text{ mm}}{2} \right)} \\ &= 825.48 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai gerak pemakanannya (*feed*) adalah:

$$\begin{aligned} f &= f_s \times Z_f \\ &= 0.5 \text{ mm}/\text{put} \times 0.5 \\ &= 0.25 \text{ mm}/\text{put} \end{aligned}$$

### C. Bubut *Roughing* Diameter Dalam (*Boring*)

Pada proses bubut *roughing* diameter dalam pahat yang digunakan adalah pahat bubut dalam dengan material *carbide*. Maka kecepatan potongnya adalah:

$$\begin{aligned} v &= v_s \times Z_v \\ &= 1.8 \text{ m/s} \times 1 \\ &= 1.8 \text{ m/s} = 108000 \text{ mm/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dihitung dengan menggunakan rumus [2.3] dan [2.4]. Nilai kecepatan putaran mesin adalah:

$$n = \frac{v}{\pi \times d}$$

Dimana,

$$d = \frac{do + dm}{2}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} n &= \frac{108000 \text{ mm/min}}{\pi \times \left( \frac{40.98 \text{ mm} + 20 \text{ mm}}{2} \right)} \\ &= 1128.07 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai gerak pemakanannya (*feed*) adalah:

$$\begin{aligned} f &= f_s \times Z_f \\ &= 0.5 \text{ mm/rev} \times 1 \\ &= 0.5 \text{ mm/rev} \end{aligned}$$

### D. Bubut *Finishing* Diameter Dalam (*Boring*)

Pada proses bubut *finishing* diameter dalam pahat yang digunakan adalah pahat bubut dalam dengan material *carbide*. Maka kecepatan potongnya adalah:

$$\begin{aligned} v &= v_s \times Z_v \\ &= 1.8 \text{ m/s} \times 1.2 \\ &= 2.16 \text{ m/s} = 129600 \text{ mm/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dihitung

dengan menggunakan rumus [2.3] dan [2.4]. Nilai kecepatan putaran mesin adalah:

$$n = \frac{v}{\pi \times d}$$

Dimana,

$$d = \frac{do + dm}{2}$$

Sehingga,

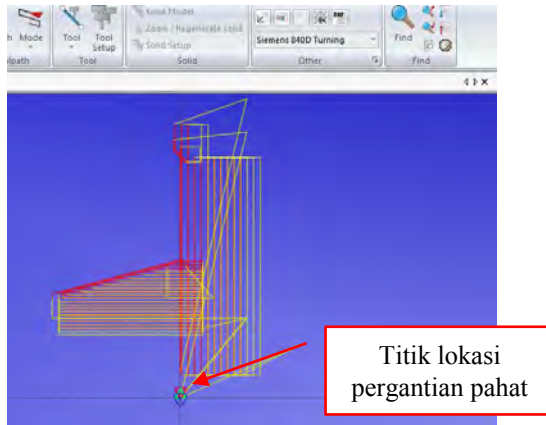
$$\begin{aligned} n &= \frac{129600 \text{ mm/min}}{\pi \times \left( \frac{41.38 \text{ mm} + 31.35 \text{ mm}}{2} \right)} \\ &= 1134.99 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai gerak pemakanannya (*feed*) adalah:

$$\begin{aligned} f &= f_s \times Z_f \\ &= 0.5 \text{ mm/rev} \times 0.5 \\ &= 0.25 \text{ mm/rev} \end{aligned}$$

Setelah selesai melakukan pengaturan operasi pemesinan, kemudian dilanjutkan dengan memverifikasi atau mengecek *toolpath* yang telah dibuat, dan jika *toolpath* sudah benar maka dilanjutkan dengan pembuatan *G Code* dengan menggunakan *post-processor Siemens Sinumerik 802D sl* yang telah dibuat sebelumnya. Program *G Code* proses pemesinan *die* 1 sisi belakang dapat dilihat pada lampiran B.11.

Dengan menggunakan perangkat lunak CIMCO Edit, *backplot toolpath* pergerakan pahat dari hasil penerjemahan *G Code die* 1 sisi belakang terhadap jenis program Siemens 840D *Turning* dapat dilihat seperti ditunjukkan pada gambar 4.38. Garis kuning adalah perwakilan gerakan pahat *rapid traverse* (G00) sedangkan garis merah adalah perwakilan gerakan pahat yang dipengaruhi oleh *feed* atau *feedrate*. Posisi referensi mesin dan titik lokasi pergantian pahat berada pada persimpangan garis hitam vertikal dan horizontal. Berdasarkan *backplot* pergerakan *toolpath* tersebut dapat disimpulkan bahwa *G Code* untuk pemesinan *die* 1 sisi belakang sudah benar.



**Gambar 4.38** Hasil *Backplot G Code* Proses Pemesinan *Die 1* Sisi Belakang pada Perangkat Lunak CIMCO Edit



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **PROSES PEMBUATAN BENDA KERJA**

#### **5.1. Langkah Persiapan Pemesinan**

##### **5.1.1. Persiapan Mesin**






Gambar 5.1 adalah mesin CNC *Turning* Leadwell LTC 20 B yang digunakan untuk proses pemesinan pembuatan *die* 1. Spesifikasi dari mesin CNC tersebut dapat dilihat pada lampiran A.2.



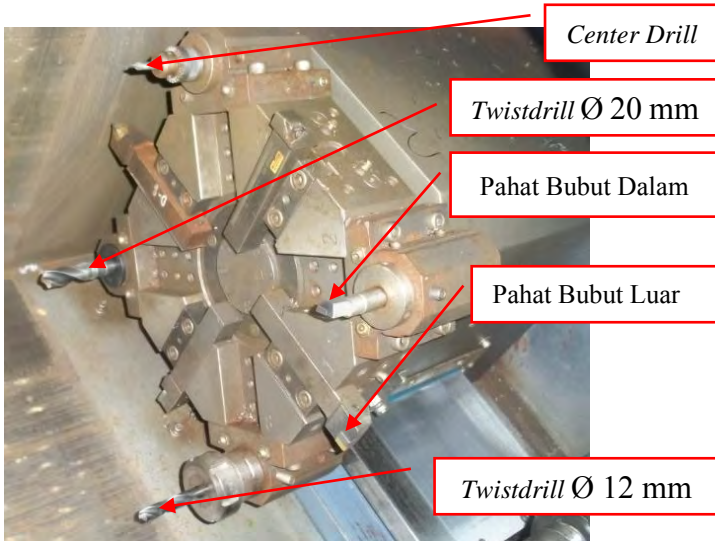
**Gambar 5.1.** CNC *Turning* Leadwell LTC 20 B.

Kegiatan yang dilakukan pada proses persiapan mesin diantaranya adalah pemasangan pahat potong pada *toolpost*. Penempatan pahat potong pada *toolpost* mesin harus sesuai dengan program simulasi CAM operasi pemesinan yang telah dibuat. Daftar dan spesifikasi pahat potong yang dipasang pada *toolpost* mesin dapat dilihat pada tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Daftar Pahat Potong Yang Dipasang Pada *Toolpost*

Station	Jenis Pahat Potong	Spesifikasi	Gambar
7	Pahat bubut luar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Material: <i>Carbide</i></li> </ul>	
2	Pahat bubut dalam	<ul style="list-style-type: none"> <li>Material: <i>Carbide</i></li> </ul>	
4	<i>Center drill</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Material: HSS</li> <li>Jumlah mata potong (z): 2</li> </ul>	
8	<i>Twistdrill</i> Ø 12 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>Material: HSS</li> <li>Jumlah mata potong (z): 2</li> </ul>	
6	<i>Twistdrill</i> Ø 20 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>Material: HSS</li> <li>Jumlah mata potong (z): 2</li> </ul>	

Gambar 5.2 adalah tampilan *toolpost* mesin CNC setelah pemasangan pahat potong selesai dilakukan.



**Gambar 5.2.** Tampilan *Toolpost* Setelah Proses Pemasangan Pahat

### 5.1.2. Persiapan Benda Kerja

Gambar 5.3 adalah gambar *raw* material yang digunakan untuk pembuatan *die* 1. Material tersebut berjenis S45C dengan ukuran Ø80 x 45 mm. Material ini mempunyai kekerasan 190 HB.






**Gambar 5.3.** *Raw* Material *Die* 1.

### 5.1.3. Persiapan Peralatan Pendukung

Peralatan pendukung yang disiapkan saat pembuatan *die* diantaranya adalah alat ukur. Daftar alat ukur yang digunakan selama proses pemesinan *die* 1 dapat dilihat pada tabel 5.2.

**Tabel 5.2** Daftar Alat Ukur Yang Digunakan Pada Saat Proses Pemesinan *Die* 1

Alat Ukur	Spesifikasi	Gambar
Jangka Sorong	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produksi: Mitutoyo</li> <li>• Ketelitian: 0.01 mm</li> <li>• Kapasitas: 0 – 150 mm</li> </ul>	
Mikrometer Diameter Dalam	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produksi: Tesa</li> <li>• Ketelitian: 0.005 mm</li> <li>• Kapasitas: 30 - 35 mm</li> </ul>	
Dial Indikator	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produksi: Tesa</li> <li>• Ketelitian: 0.002 mm</li> </ul>	

### 5.2. Setting Benda Kerja

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa pada proses pemesinan benda kerja *die* 1 sisi depan di desain pengecamannya seperti pada gambar 4.3. Sehingga diperlukan proses pemesinan untuk membuat profil pengecaman. Pembuatan profil pengecaman dilakukan dengan proses pembubutan *facing* dan pembubutan *roughing* diameter luar dengan perhitungan kecepatan potong dan *feeding* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 v &= v_s \times Z_v \\
 &= 1.8 \text{ m/s} \times 1 \\
 &= 1.8 \text{ m/s} = 108000 \text{ mm/min}
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dicari dengan menggunakan rumus [2.3] dan [2.4]. Nilai kecepatan putaran mesin untuk proses *facing* adalah:

$$n = \frac{v}{\pi \times d}$$

Dimana,

$$d = \frac{do + dm}{2}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} n &= \frac{108000 \text{ mm/min}}{\pi \times \left(\frac{80 \text{ mm} + 0}{2}\right)} \\ &= 859.87 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan potong, maka nilai kecepatan putaran mesin (poros utama) dapat dicari dengan menggunakan rumus [2.3] dan [2.4]. Nilai kecepatan putaran mesin untuk proses *roughing* diameter luar adalah:

$$n = \frac{v}{\pi \times d}$$

Dimana,

$$d = \frac{do + dm}{2}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} n &= \frac{108000 \text{ mm/min}}{\pi \times \left(\frac{80 \text{ mm} + 70 \text{ mm}}{2}\right)} \\ &= 458.60 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai gerak pemakanan (*feed*) untuk kedua proses diatas adalah:

$$\begin{aligned} f &= f_s \times Z_f \\ &= 0.5 \text{ mm/rev} \times 1 \\ &= 0.5 \text{ mm/rev} \end{aligned}$$

Gambar 5.4.a adalah hasil pembubutan pembuatan profil pengecaman benda kerja, sedangkan 5.4.b adalah gambar benda kerja saat dicekam dan siap untuk diproses pemesinan.



(a)

(b)

**Gambar 5.4** (a) Hasil Pembubutan Profil Pengecaman,  
(b) Kondisi Benda Kerja Saat Pengecaman

### 5.3. Proses Pemesinan

#### 5.3.1. Proses Pemesinan *Die 1 Sisi Depan*

Proses pemesinan benda kerja sisi depan dilakukan dengan menggunakan *G Code* hasil simulasi operasi CAM dengan menggunakan *NX Machining* yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Penampakan benda kerja hasil proses pemesinan dapat dilihat pada gambar 5.5.

Pada saat dilakukan pengecekan ukuran permukaan diameter dalam benda kerja dengan menggunakan mikrometer diameter dalam, terdapat penyimpangan ukuran yang seharusnya sudah mencapai  $\varnothing 31.750$  mm ternyata berukuran  $\varnothing 31.655$  mm. Karena belum mencapai ukuran yang dikehendaki, maka dilakukan proses *finishing* ulang pada permukaan tersebut dengan menggunakan bagian program *G Code* proses *finishing boring*. Setelah dilakukan proses *finishing* ulang, pengecekan ukuran

dilakukan kembali dan diketahui ukuran yang ditunjukkan pada alat ukur sebesar  $\varnothing 31.750$  mm seperti ditunjukkan pada gambar 5.6.



**Gambar 5.5** Benda Kerja Setelah Proses Pemesinan Sisi Depan



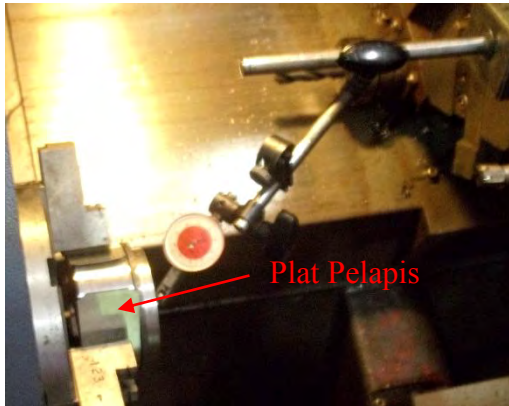
**Gambar 5.6** Pengecekan Ukuran Permukaan Diameter Dalam

### 5.3.2. Proses Pemesinan *Die* Sisi Belakang

Setelah pembuatan sisi bagian depan benda kerja selesai dilakukan, selanjutnya adalah proses pemesinan *die* sisi belakang. Dalam pencekamannya benda kerja dilapisi plat tipis untuk



melindungi permukaan diameter luar benda kerja yang telah dikerjakan pada proses sebelumnya agar tidak rusak. Gambar 5.7 adalah proses penyetingan kedataran sumbu putar benda kerja dengan menggunakan dial indikator.



**Gambar 5.7** Proses Penyetingan Kedataran Sumbu Putar Benda Kerja dengan Dial Indikator.

Gambar 5.8 adalah tampilan benda kerja *die* 1 setelah proses pemesian *die* sisi belakang selesai dilakukan.



**Gambar 5.8** Tampilan Benda Kerja Setelah Proses Pemesian *Die* Sisi Belakang

#### 5.4. Pemeriksaan Geometri dan Dimensi Benda Kerja

Proses pemeriksaan geometri dan dimensi benda kerja dilakukan di laboratorium metrologi ITS. Daftar alat ukur yang digunakan pada proses ini dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut.

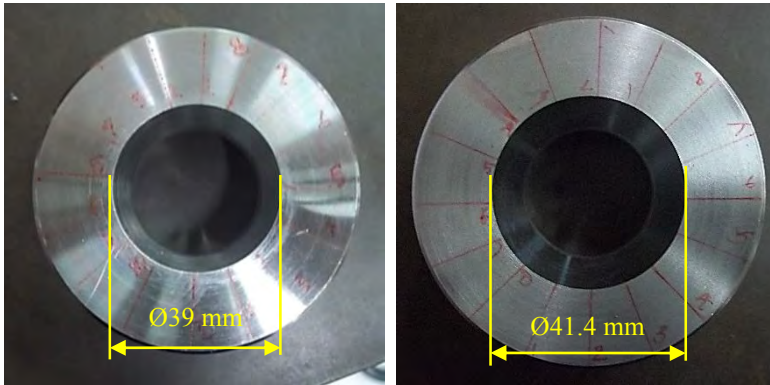
**Tabel 5.3** Daftar Alat Ukur yang Digunakan pada Proses Pemeriksaan Geometri dan Dimensi Benda Kerja.

Alat Ukur	Spesifikasi	Gambar
Jangka Sorong	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produksi: Mitutoyo</li> <li>• Ketelitian: 0.05 mm</li> <li>• Kapasitas: 0 – 156 mm</li> </ul>	
Bevel Protactor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produksi: Mitutoyo</li> <li>• Ketelitian: 5 menit</li> </ul>	

Proses pengukuran dilakukan dengan membandingkan ukuran geometri aktual benda kerja dengan ukuran geometri rancangan yang ditunjukkan pada gambar teknik *die* 1 dimana dapat dilihat pada lampiran B.4.

Untuk memeriksa dimensi profil benda kerja berdiameter nominal  $\varnothing 39$  mm dan  $\varnothing 41.4$  mm dilakukan dengan cara membagi permukaan datar benda kerja (sisi depan dan belakang) dengan menggunakan 8 garis sehingga terbagi menjadi 16 bagian, seperti terlihat pada gambar 5.9.(a) dan (b). Kemudian mengukur profil benda kerja berdiameter nominal  $\varnothing 39$  mm dan  $\varnothing 41.4$  mm seperti terlihat pada gambar 5.10.(a) dan (b) pada delapan lokasi garis

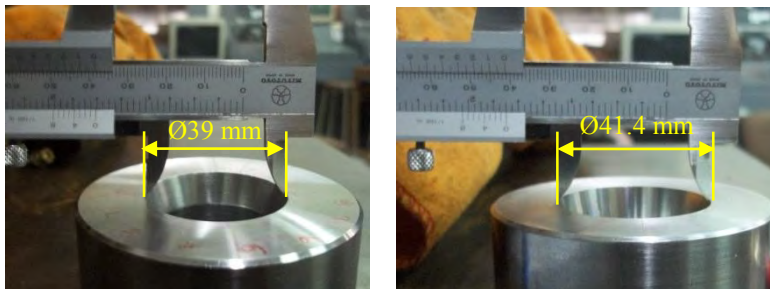
yang telah dibuat sebelumnya. Sehingga didapatkan delapan nilai hasil pengukuran, yang kemudian dihitung nilai rata-rata dari kedelapan nilai tersebut.



(a)

(b)

**Gambar 5.9.**(a) Pembagian Permukaan Sisi Depan *Die 1*  
(b) Pembagian Permukaan Sisi Belakang *Die 1*



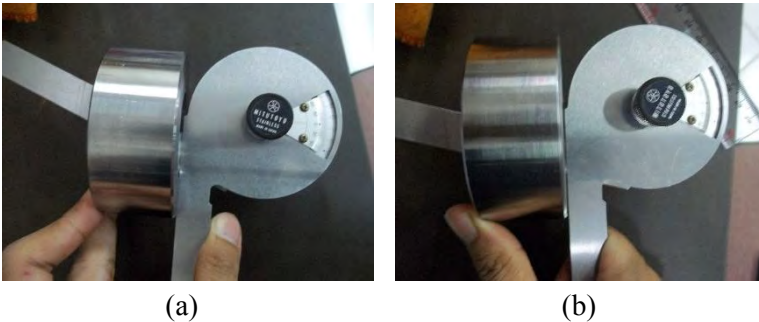
(a)

(b)

**Gambar 5.10.**(a) Pengukuran Profil Ø39 mm  
(b) Pengukuran Profil Ø41.4 mm

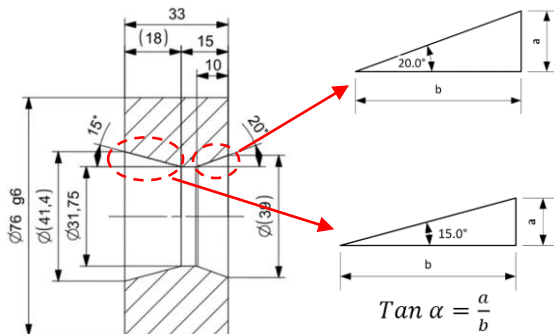
Pemeriksaan ketirusan sudut 20° dan 15° dilakukan dengan menggunakan bevel protactor seperti terlihat pada gambar 5.11.(a)

dan (b). Pemeriksaan dilakukan sebanyak delapan kali pada garis posisi pengukuran yang telah dibuat sebelumnya.



**Gambar 5.11.** (a) Pemeriksaan Ketirusan Sudut  $20^\circ$  dengan Menggunakan *Bevel Protactor*  
 (b) Pemeriksaan Ketirusan Sudut  $15^\circ$  dengan Menggunakan *Bevel Protactor*

Setelah didapatkan nilai hasil pengukuran profil benda kerja diameter nominal  $\varnothing 39$  mm dan  $\varnothing 41.4$  mm serta nilai pemeriksaan ketirusan sudut  $20^\circ$  dan  $15^\circ$ , maka untuk profil kedalaman berukuran 10 mm dan 18 mm dapat dihitung dengan persamaan trigonometri seperti ditunjukkan pada gambar 5.12.



**Gambar 5.12.** Skema Pemeriksaan Profil Kedalaman 10 mm dan 18 mm

Kemudian setelah didapatkan nilai pemeriksaan ukuran profil 18 mm, maka profil 15 mm dapat diperiksa dengan mengurangi nilai hasil pengukuran profil 33 mm dengan nilai hasil pemeriksaan profil 18 mm. Hasil pemeriksaan ukuran pengukuran geometri aktual benda kerja *die* 1 terhadap ukuran geometri desain dapat dilihat pada tabel 5.4.

Terjadinya penyimpangan ukuran geometri aktual terhadap ukuran geometri desain dapat disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya adalah faktor yang terjadi pada saat proses pemesinan benda kerja dan penyimpangan yang terjadi pada saat dilakukan proses pengukuran. Faktor yang mempengaruhi ukuran benda kerja pada saat proses pemesinan diantaranya adalah faktor performa mesin, faktor keausan pahat, dan faktor *setting* benda kerja. Sedangkan faktor-faktor penyebab penyimpangan hasil ukuran pada saat proses pengukuran adalah faktor alat ukur yang digunakan, faktor benda ukur, posisi pengukuran, lingkungan dan operator.

**Tabel 5.4** Hasil Pemeriksaan Ukuran Geometri Aktual terhadap Geometri Desain

Ukuran Nominal	Toleransi		Batas Toleransi	Hasil Pengukuran								Rata-Rata
	Umum	Khusus		1	2	3	4	5	6	7	8	
Ø76 mm	-	g6	-0.010 -0.029	Ø 76.05 mm	Ø 76.00 mm	Ø 76.00 mm	Ø 76.00 mm	Ø 76.00 mm	Ø 76.05 mm	Ø 76.05 mm	Ø 76.00 mm	Ø 76.02 mm
Ø31.75 mm	Halus	-	±1	Ø 31.65 mm	Ø 31.70 mm	Ø 31.65 mm	Ø 31.65 mm	Ø 31.65 mm	Ø 31.60 mm	Ø 31.70 mm	Ø 31.65 mm	Ø 31.66 mm
Ø39 mm	Halus	-	±1	Ø 38.75 mm	Ø 38.80 mm	Ø 38.80 mm	Ø 38.75 mm	Ø 38.75 mm	Ø 38.85 mm	Ø 38.70 mm	Ø 38.85 mm	Ø 38.78 mm
Ø41.4 mm	Halus	-	±1	Ø 41.10 mm	Ø 41.00 mm	Ø 41.15 mm	Ø 41.00 mm	Ø 40.95 mm	Ø 40.95 mm	Ø 41.00 mm	Ø 41.00 mm	Ø 41.02 mm
33 mm	Halus	-	±0.15	33.05 mm	33.05 mm	33.05 mm	33.05 mm	33.10 mm	33.05 mm	33.05 mm	33.05 mm	33.06 mm
18 mm	Halus	-	±0.1	17.44 mm	17.06 mm	17.42 mm	17.15 mm	16.77 mm	17.25 mm	17.26 mm	17.45 mm	17.22 mm
10 mm	Halus	-	±0.1	9.49 mm	9.62 mm	9.56 mm	9.54 mm	9.58 mm	9.83 mm	9.41 mm	9.76 mm	9.60 mm
15 mm	Halus	-	±0.1	15.61 mm	15.99 mm	15.63 mm	15.90 mm	16.33 mm	15.80 mm	15.79 mm	15.60 mm	15.83 mm
20°	Halus	-	±1°	20°30'	20°15'	20°30'	20°25'	20°20'	20°15'	20°25'	20°15'	20°21'52"
15°	Halus	-	±1°	15°00'	15°05'	15°10'	15°30'	15°15'	15°15'	15°15'	15°10'	15°12'30"

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Fitur CAM NX *Machining* yang terdapat pada perangkat lunak NX dapat digunakan untuk menjembatani desain gambar CAD dari *die* untuk selongsong peluru kaliber 20 mm dengan proses pemesinannya pada mesin CNC.
2. Proses pembuatan *G Code* pada NX *Machining* dimulai dari proses pembuatan gambar CAD kemudian proses simulasi operasi pemesinan, lalu dilanjutkan dengan proses *post-processing* pembuatan *G Code* berdasarkan operasi pemesinan yang sudah rancang sebelumnya.
3. Rancangan operasi pemesinan yang dilakukan saat proses simulasi CAM harus mengacu pada perhitungan parameter proses pemesinan dan juga harus mempertimbangkan kondisi riil lapangan.
4. *G Code* hasil *post-processor* mesin CNC *Turning* yang disediakan secara *default* oleh NX *Machining* tidak dapat digunakan untuk kontrol mesin Siemens Sinumerik 802D sl. Sehingga perlu dibuatkan *file post-processor* untuk kontrol mesin tersebut dengan perangkat lunak NX/Post Builder sebelum pembuatan *G Code* dari proses pemesinan *die* 1.
5. Karena sistem kontrol dari mesin CNC tiap jenis dan merk dapat berbeda-beda, maka program NC yang dibutuhkan juga akan berbeda-beda. Sehingga keberadaan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk memodifikasi atau membuat *file post-processing G Code* seperti NX/Post Builder menjadi sangat penting.
6. Dari aplikasi NX *Machining* untuk proses pembuatan *die* menunjukkan bahwa dengan menggunakan perangkat lunak ini dapat mempermudah dan mempersingkat



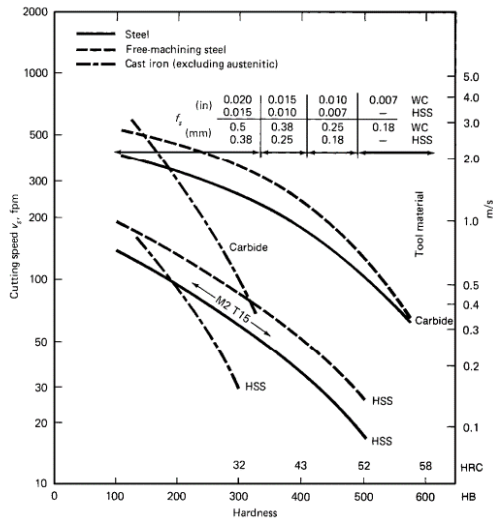
waktu dalam pembuatan program *G Code* untuk proses pemesinannya pada mesin CNC.

## 6.2. Saran

1. Perlu dilakukan kajian secara lengkap tentang perangkat lunak yang dapat digunakan untuk memodifikasi atau membuat *file post processor* pada perangkat lunak berbasis CAD/CAM.
2. Pengujian menggunakan material S45C (bukan stavax) menghasilkan permukaan benda kerja yang kasar karena nilai putaran *spindle* yang kecil, sehingga perlu dilakukan proses grinding (*polishing*).
3. Spesifikasi mesin yang digunakan terlalu rendah karena kecepatan maksimum *spindle* hanya 4000 rpm (*out of date*). Seharusnya mesin yang digunakan harus mengikuti perkembangan jaman (*high speed machining*), karena perkembangan perangkat lunak berbasis CAD/CAM mengikuti perkembangan mesin CNC.
4. Agar operasi pemotongan lebih akurat, data parameter pemotongan disesuaikan dengan spesifikasi pada katalog pahat potong dari produsen pembuatnya.
5. Proses *finishing* dilakukan beberapa kali bisa disebabkan karena *setting* benda kerja yang kurang tepat, alat ukur yang kurang presisi, atau proses pengukuran yang kurang baik.
6. Pengguna perangkat lunak berbasis CAD/CAM perlu penguasaan *G Code* dan *M Code*.

## LAMPIRAN A

### Lampiran A.1. Grafik dan Tabel Kecepatan Potong dan *Feeding*



(a) Grafik Kecepatan Potong

(b) Tabel Kecepatan dan *Feed* Pada Beberapa Jenis Operasi Pemotongan

Process	$Z_v$		Depth of cut		$Z_f$		Other
	(speed) $v = v_c Z_v$		in	mm	(feed) $f = f_s Z_f$		
Rough turning	1		0.15	4	1		
Finish turning	1.2–1.3		0.025	0.65	0.5		
Form tools, cutoff	0.7						In-feed 0.15–0.25
Shaping	0.7		0.15	4			Feed: HSS, 1.5–0.5 mm WC, 2–1 mm ( $\times 2$ on Cu, Al and Mg)
Planing	0.7		0.15	4			
Face milling	1		0.15	4	0.8–1½		
Slab milling	1		0.15	4	0.5½		
Side and slot milling	0.5–0.7		0.15	4	0.5½		
End mill, peripheral	1		0.05	1.2	0.5–0.25½		For 1-in-diam cutter
End mill, slotting	1		0.05	1.2	0.2½		
Threading, tapping	0.5–0.25						Slower for coarser thread

\*Approximate values, compiled from *Machining Data Handbook*, 3d ed., Machinability Data Center, Metcalf Research Associates, Cincinnati, Ohio, 1950.

†Take  $v_c$  and  $f_s$  from Fig. 8-44 or 8-45.

‡Feed per tooth.

Sumber: A. Schey (2000)

## Lampiran A.2. Spesifikasi Mesin CNC *Turning* Leadwell LTC 20 B

CAPACITY	UNIT	
Max. swing	mm	450 ( 17.7 )
Max. turning diameter	mm	320 ( 12.5 )
Max. turning length	mm	500 ( 19.6 )
Bar capacity	mm	65 ( 2.6 )
TRAVEL		
X axis	mm	160 + 10 ( 6.2 + 0.39 )
Z axis	mm	540 ( 21 )
SPINDLE		
Spindle speeds range	rpm	4000
Chuck size	in	8
Spindle nose		A2 - 6
Spindle motor power	mm	540 ( 21 )
TURRET		
Number of tool stations	pcs	8
Shank height for square tool	mm	25 ( 1 )
Shank diameter of boring bar	mm	Ø40 ( 1.5 )
FEEDRATE		
X/Y/Z axis rapid traverse	M/min	20 / 20 ( 787.4 / 788.4 )
MOTORS		
X / Z axis motor	kw ( HP )	1.8 ( 2.4 )
Y axis motor	kW ( HP)	1.8 ( 2.4 )
TAILSTOCK		
Quill diameter	mm	75 ( 3 )
Quill inside taper	M.T	4
MACHINE SIZE		
Total machine weight (H)	kg	3700
Machine Length	mm	2420 ( 95.3 )
Machine width	mm	1580 ( 95.3 )
Machine height	mm	1710 ( 68 )
Power requirements	KVA	30
Computer control	FANUC	0 i - MATE - T

### Lampiran A.3. Daftar Kode G dan M Siemens Sinumerik 802D sl.

Address	Significance	Value assignments	Information	Programming
D	Tool offset number	0 ... 9, only integer, no sign	Contains compensation data for a particular tool T...; D0- >compensation values= 0, max. 9 D numbers for one tool	D...
F	Feedrate	0.001 ... 99 999.999	Path velocity of a tool/workpiece; unit: mm/min or mm/revolution depending on G94 or G95	F...
F	Dwell time (block with G4)	0.001 ... 99 999.999	Dwell time in seconds	G4 F...; separate block
F	Thread lead change (block containing G34, G35)	0.001 ... 99 999.999	in mm/rev2	See G34, G35
G	G function (preparatory function)	Only integer, specified values	The G functions are divided into G groups. Only one G function of a group can be programmed in a block. A G function can be either modal (until it is canceled by another function of the same group) or only effective for the block in which it is programmed (non-modal).	G... or symbolic name, e.g.: CIP
			G group:	
G0	Linear interpolation at rapid traverse rate		1: Motion commands	G0 X... Z...
G1 *	Linear interpolation at feedrate		(type of interpolation)	G1 X... Z... F...
G2	Circular interpolation clockwise			G2 X... Z... I... K... F... ;Center and end point G2 X... Z... CR=... F... ;Radius and end point G2 AR=... I... K... F... ;opening angle and center point G2 AR=... X... Z... F... ;opening angle and end point
G3	Circular interpolation counter-clockwise			G3 ...; otherwise as for G2
CIP	Circular interpolation through intermediate point			CIP X... Z... I1=... K1=... F... ;I1, K1 is intermediate point
CT	Circular interpolation; tangential transition			N10 ... N20 CT Z... X... F...; circle, tangential transition to the previous path segment N10

Address	Significance	Value assignments	Information	Programming
G33	Thread cutting with constant lead		modally effective	;Constant lead G33 Z... K... SF=... ; cylindrical thread G33 X... I... SF=... ; face thread G33 Z... X... K... SF=... ; taper thread, in Z axis path larger than in the X axis G33 Z... X... I... SF=... ; taper thread, in X axis path larger than in the Z axis
G34	Thread cutting, increasing lead			G33 Z... K... SF=... ; cylindrical thread, constant lead G34 Z... K... F17,123 ; lead increasing with ; 17,123 mm/rev2
G35	Thread cutting, decreasing lead			G33 Z... K... SF=... ; cylindrical lead G35 Z... K... F7,321 ; lead decreasing with ; 7,321 mm/rev2
G331	Thread interpolation			N10 SPOS=... ; Spindle in position control N20 G331 Z... K... S... ; tapping without compensating chuck e.g. in Z axis ; RH or LH thread is defined via the sign of the lead (e.g. K+); +; as with M3 -; as with M4
G332	Thread interpolation - retraction			G332 Z... K... ;tapping without compensating chuck, e.g. in Z axis, retraction motion ; sign of lead as for G331
G4	Dwell time		2: Special motions, dwell time non-modal	G4 F...;separate block, F: Time in seconds or G4 S...;separate block, S: in spindle revolutions

Address	Significance	Value assignments	Information	Programming
G74	Reference point approach			G74 X1=0 Z1=0 ; separate block, (machine axis identifier!)
G75	Fixed point approach			G75 X1=0 Z1=0 ; separate block, (machine axis identifier!)
TRANS	Translation, programmable		3: Write memory	TRANS X... Z... ; separate block
SCALE	Programmable scaling factor		non-modal	SCALE X... Z... ; scaling factor in the direction of the specified axis, separate block
ROT	Rotation, programmable			ROT RPL=... ; rotation in the current plane G17 to G19, separate block
MIRROR	Programmable mirroring			MIRROR X0 ; coordinate axis whose direction is changed, separate block
ATRANS	Additive translation, programming			ATRANS X... Z... ; separate block
ASCALE	Additive programmable scaling factor			ASCALE X... Z... ; scaling factor in the direction of the specified axis, separate block
AROT	Additive programmable rotation			AROT RPL=... ; rotation in the current plane G17 to G19, separate block
AMIRROR	Additive programmable mirroring			AMIRROR X0 ; coordinate axis whose direction is changed, separate block
G25	Lower spindle speed limitation or lower working area limitation			G25 S... ; separate block
G26	Upper spindle speed limitation or upper working area limitation			G25 X... Z... ; separate block
				G26 S... ; separate block
G17	X/Y plane (when center-drilling, TRANSMIT milling required)		6: Plane selection	G26 X... Z... ; separate block
G18 *	Z/X plane (standard turning)			
G19	Y/Z plane (required for TRACYL milling)			
G40 *	Tool radius compensation OFF		7: Tool radius compensation	
G41	Tool radius compensation left of contour		modally effective	
G42	Tool radius compensation right of contour			
G500 *	Settable work offset OFF		8: Settable work offset	
G54	1st settable work offset		modally effective	

Address	Significance	Value assignments	Information	Programming
G55	2nd settable work offset			
G56	3rd settable work offset			
G57	4th settable work offset			
G58	5th settable work offset			
G59	6th settable work offset			
G53	Non-modal skipping of the settable work offset		9: Suppressing the settable work offset non-modal	
G153	Non-modal skipping of the settable work offset including base frame			
G60 *	Exact stop		10: Approach behavior	
G64	Continuous-path mode		modally effective	
G62	Corner deceleration at inside corners when tool radius offset is active (G41, G42)		Only in conjunction with continuous-path mode.	G62 Z..., G1
G9	Non-modal exact stop		11: Non-modal exact stop non-modal	
G601 *	Exact stop window, fine, with G60, G9		12: Exact stop window	
G602	Exact stop window, coarse, with G60, G9		modally effective	
G621	Corner deceleration at all corners		Only in conjunction with continuous-path mode.	G621 AIDS=...
G70	Inch dimension input		13: Inch/metric dimension data	
G71 *	Metric dimension data input		modally effective	
G700	Inch dimension data input; also for feedrate F			
G710	Metric dimension data input; also for feedrate F			
G90 *	Absolute dimension data input		14: Absolute / incremental dimension	
G91	Incremental dimension input		modally effective	
G94	Feed F in mm/min		15: Feedrate / spindle	
G95 *	Feedrate F in mm/spindle revolutions		modally effective	
G96	Constant cutting rate ON (F in mm/rev., S in m/min)			G96 S., LIMS=..., F...
G97	Constant cutting speed OFF			
G450 *	Transition circle		18: Behavior at corners when working with tool radius compensation	
G451	Point of intersection		modally effective	

Address	Significance	Value assignments	Information	Programming
BRISK *	Jerking path acceleration		21: Acceleration profile modally effective	
SOFT	Jerk-limited path acceleration			
FFWOF *	Feedforward control OFF		24: Feedforward control modally effective	
FFWO	Feedforward control ON			
N				
WALIMON	Working area limitation ON		28: Working area limitation modally effective	; applies to all axes activated via setting data; values set via G25, G26
WALIMOF	Working area limitation OFF			
*				
DIAMOF	Radius dimensioning		29: Dimension Radius / diameter modally effective	
DIAMON *	Diameter dimensioning			
G290 *	SIEMENS mode		47: External NC languages	
G291	External mode (not with 802D-bl)		modally effective	
The functions marked with an asterisk (*) are active when the program is started (in the delivery condition of the control system, unless otherwise programmed and if the machine manufacturer has preserved the default setting for the "Turning" technology).				
H	H function	± 0.0000001 ... 9999 9999 (8 decimal places) or specified as an exponent: ± (10-300 ... 10+300)	Value transfer to the PLC; significance defined by the machine manufacturer	H0=... H9999=... e.g.: H7=23.456
H0= to H9999=				
I	Interpolation parameters	±0.001 ... 99 999.999 Thread: 0.001 ... 2000.000	Belongs to the X axis; meaning dependent on G2,G3 -> circle center or G33, G34, G35 G331, G332 -> thread lead	See G2, G3 and G33, G34, G35
K	Interpolation parameters	±0.001 ... 99 999.999 Thread: 0.001 ... 2000.000	Belongs to the Z axis; otherwise, as with I	See G2, G3 and G33, G34, G35
I1=	Intermediate point for circular interpolation	±0.001 ... 99 999.999	Belongs to the X axis; specification for circular interpolation with CIP	See CIP
K1=	Intermediate point for circular interpolation	±0.001 ... 99 999.999	Belongs to the Z axis; specification for circular interpolation with CIP	See CIP
L	Subroutine; name and call	7 decimals; integer only, no sign	Instead of a free name, it is also possible to select L1 ...L9999999; this also calls the subroutine (UP) in a separate block, Please note: L0001 is not always equal to L1. The name "LL6" is reserved for the tool change subroutine.	L.... ;separate block



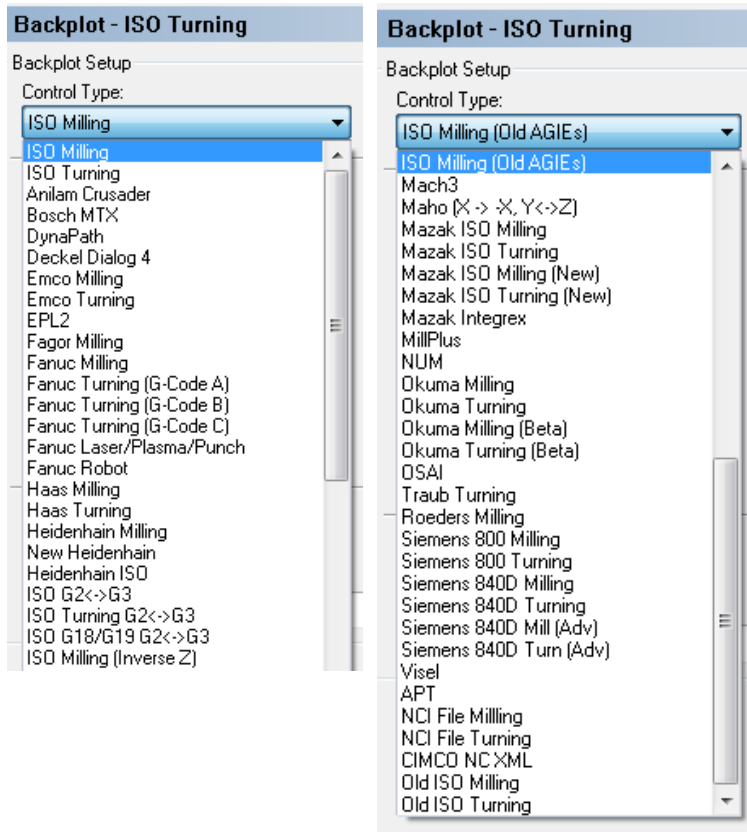
Address	Significance	Value assignments	Information	Programming
M	Additional function	0 ... 99 only integer, no sign	For example, for initiating switching actions, such as "coolant ON", maximum five M functions per block.	M...
M0	Programmed stop		The machining is stopped at the end of a block containing M0; to continue, press NC START.	
M1	Optional stop		As with M0, but the stop is only performed if a special signal (Program control: "M01") is present.	
M2	End of main program with return to beginning of program		Can be found in the last block of the processing sequence	
M30	End of program (as M2)		Can be found in the last block of the processing sequence	
M17	End of subroutine		Can be found in the last block of the processing sequence	
M3	CW rotation of spindle (for master spindle)			
M4	CCW rotation of spindle (for master spindle)			
M5	Spindle stop (for master spindle)			
Mn=3**	CW rotation of spindle (for spindle n)		n = 1 or = 2	M2=3 ; CW rotation stop for spindle 2
Mn=4**	CCW rotation of spindle (for spindle n)		n = 1 or = 2	M2=4 ; CCW rotation stop for spindle 2
Mn=5**	Spindle stop (for spindle n)		n = 1 or = 2	M2=5 ; Spindle stop for spindle 2
M6	Tool change		Only if activated with M6 via the machine control panel; otherwise, change directly using the T command	
M40	Automatic gear stage switching (for master spindle)			
Mn=40	Automatic gear stage switching (for spindle n)		n = 1 or = 2	M1=40 ; automatic gear stage ; for spindle 1
M41 to M45	Gear stage 1 to gear stage 5 (for master spindle)			
Mn=41 to Mn=45	Gear stage 1 to gear stage 5 (for spindle n)		n = 1 or = 2	M2=41 ; 1st gear stage for spindle 2
M70, M19	-		Reserved; do not use	
M...	Remaining M functions		Functionality is not defined by the control system and can therefore be used freely by the machine manufacturer	
N	Block number - subblock	0 ... 9999 9999 only integer, no sign	Can be used to identify blocks with a number; is written at the beginning of a block.	N20

Address	Significance	Value assignments	Information	Programming
:	Block number of a main block	0 ... 9999 9999 only integer, no sign	Special block identification, used instead of N... ; such a block should contain all instructions for a complete subsequent machining step.	:20
P	Number of subroutine passes	1 ... 9999 only integer, no sign	Is used if the subroutine is run several times and is contained in the same block as the call	L781 P... ;separate block N10 L871 P3 ; three cycles
R0 to R299	Arithmetic parameters	$\pm 0.0000001 \dots 9999\,9999$ (8 decimal places) or specified as an exponent: $\pm (10\text{-}300 \dots 10\text{+}300)$		R1=7.9431 R2=4  with specification of an exponent: R1=1.9876EX9; R1=-1 987 600 000
Arithmetic functions			In addition to the 4 basic arithmetic functions using the operands + - * / , there are the following arithmetic functions:	
SIN( )	Sine	Degrees		R1=SIN(17.35)
COS()	Cosine	Degrees		R2=COS(R3)
TAN()	Tangent	Degrees		R4=TAN(R5)
ASIN()	Arc sine			R10=ASIN(0.35) ; R10: 20.487 degrees
ACOS()	Arc cosine			R20=ACOS(R2) ; R20: ... Degrees
ATAN2( , )	Arctangent2		The angle of the sum vector is calculated from 2 vectors standing vertically one on another. The 2nd vector specified is always used for angle reference. Result in the range: -180 to +180 degrees	R40=ATAN2(30.5,80.1) ; R40: 20.8455 degrees
SQRT()	Square root			R6=SQRT(R7)
POT()	Square			R12=POT(R13)
ABS()	Absolute value			R8=ABS(R9)
TRUNC()	Truncate to integer			R10=TRUNC(R2)
LN()	Natural logarithm			R12=LN(R9)
EXP()	Exponential function			R13=EXP(R1)
RET	Subroutine end		Used instead of M2 - to maintain the continuous-path mode	RET ;separate block
S...	Spindle speed (master spindle)	0.001 ... 99 999.999	Unit of measurement of the spindle r.p.m.	S...
S1=...	Spindle speed for spindle 1	0.001 ... 99 999.999	Unit of measurement of the spindle r.p.m.	S1=725 ; speed 725 r.p.m. for spindle 1
S2=...**	Spindle speed for spindle 2	0.001 ... 99 999.999	Unit of measurement of the spindle r.p.m.	S2=730 ; speed 730 r.p.m. for spindle 2

Address	Significance	Value assignments	Information	Programming
S	Cutting rate with G96 active	0.001 ... 99 999.999	Cutting rate unit m/min with G96; for master spindle only	G96 S...
S	Dwell time in block with G4	0.001 ... 99 999.999	Dwell time in spindle revolutions	G4 S... ;separate block
T	Tool number	1 ... 32 000 only integer, no sign	The tool change can be performed either directly using the T command or only with M6. This can be set in the machine data.	T...
X	Axis	±0.001 ... 99 999.999	Positional data	X...
Y	Axis	±0.001 ... 99 999.999	Positional data, e.g. with TRACYL, TRANSMIT	Y...
Z	Axis	±0.001 ... 99 999.999	Positional data	Z...
AC	Absolute coordinate	-	The dimension can be specified for the end or center point of a certain axis, irrespective of G91.	N10 G91 X10 Z=AC(20) ;X - incremental dimension, Z - absolute dimension
ACC[axi§]	Percentage acceleration override	1 ... 200, integer	Acceleration override for an axis or spindle; specified as a percentage	N10 ACC[X]=80 ;for the X axis 80% N20 ACC[S]=50;for the spindle: 50%
ACP	Absolute coordinate; approach position in the positive direction (for rotary axis, spindle)	-	It is also possible to specify the dimensions for the end point of a rotary axis with ACP(...) irrespective of G90/G91; also applies to spindle positioning	N10 A=ACP(45.3) ;approach absolute position of the A axis in the positive direction N20 SPOS=ACP(33.1) ;position spindle
ACN	Absolute coordinate; approach position in the negative direction (for rotary axis, spindle)	-	It is also possible to specify the dimensions for the end point of a rotary axis with ACN(...) irrespective of G90/G91; also applies to spindle positioning	N10 A=ACN(45.3) ;approach absolute position of the A axis in the negative direction N20 SPOS=ACN(33.1) ;position spindle
ANG	Angle for the specification of a straight line for the contour definition	±0.00001 ... 359.99999	Specified in degrees; one possibility of specifying a straight line when using G0 or G1 if only one end-point coordinate of the plane is known or if the complete end point is known with contour ranging over several blocks	N10 G1 X... Z... N11 X... ANG=... or contour over several blocks: N10 G1 X... Z... N11 ANG=... N12 X... Z... ANG=...
AR	Aperture angle for circular interpolation	0.00001 ... 359.99999	Specified in degrees; one possibility of defining the circle when using G2/G3	See G2, G3

Sumber: Siemens AG (2011)

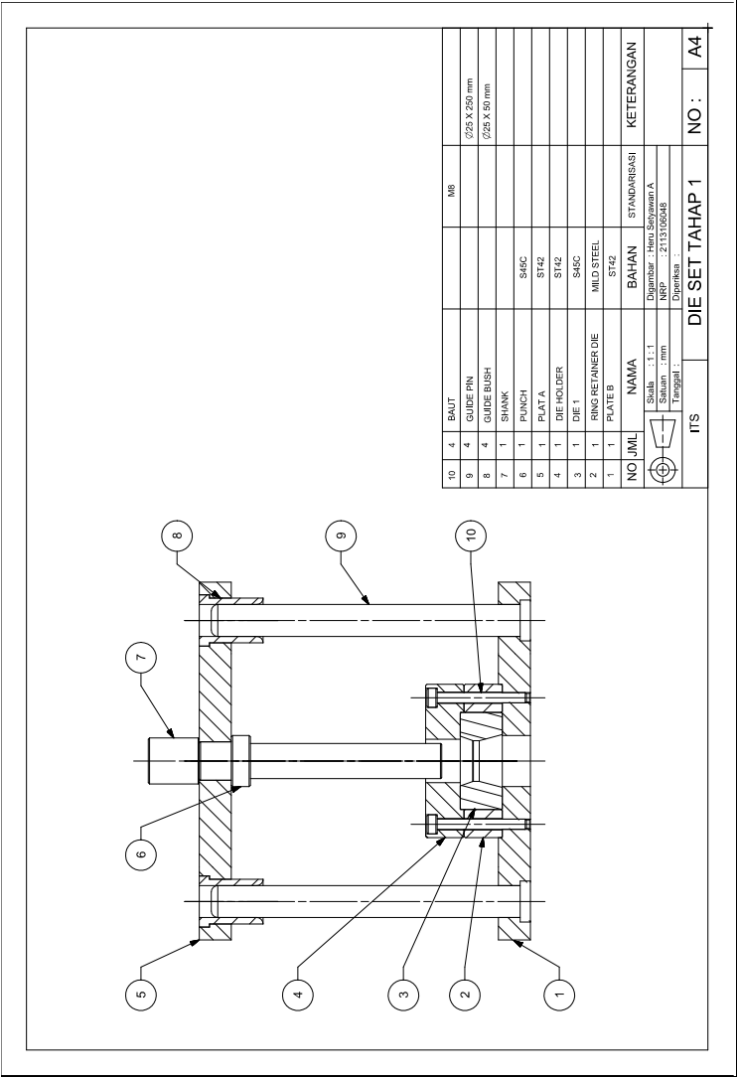
### Lampiran A.4. Daftar Kontrol Mesin Pada *Library* CIMCO Edit v7.5



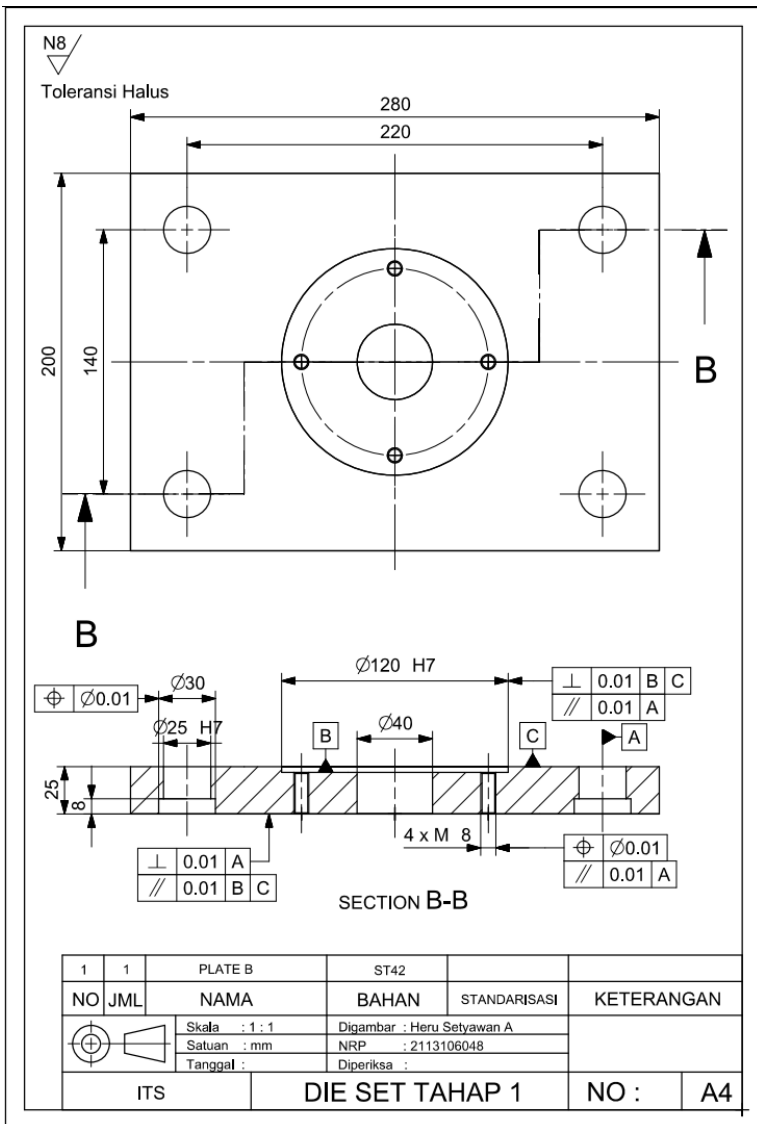
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

LAMPIRAN B

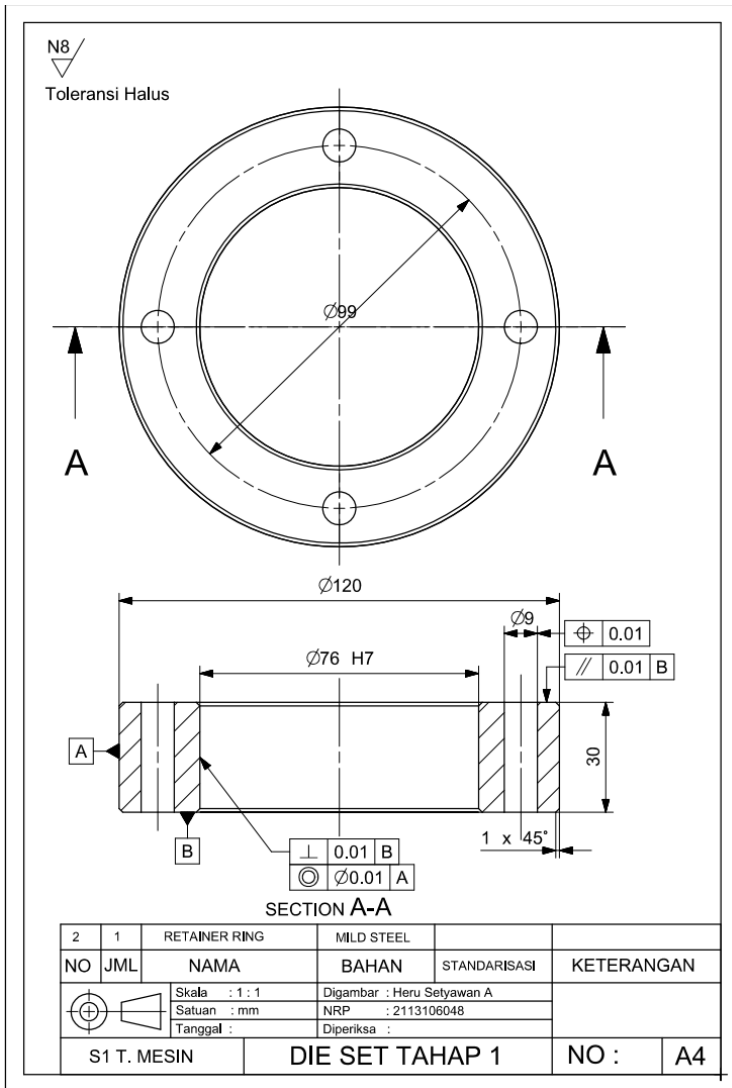
Lampiran B.1. Gambar Teknik Konstruksi Die Set



## Lampiran B.2. Gambar Teknik *Plate B*



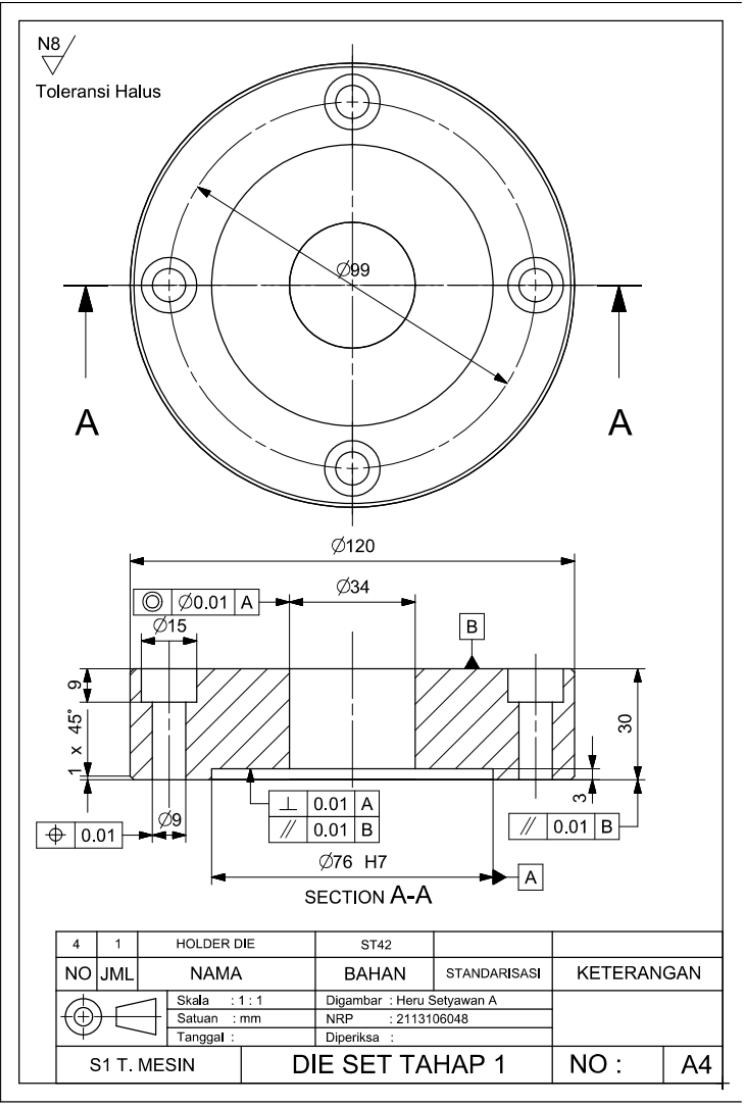
### Lampiran B.3. Gambar Teknik *Ring Retainer*







Lampiran B.5. Gambar Teknik *Die Holder*







### **Lampiran B.8. G Code Die 1 Sisi Depan (Post-processor Lathe\_2\_Axis\_Turret\_Ref)**

#### **A. Pahat Potong**

Station	Kode Program	Jenis Pahat Potong	Spesifikasi
7	T7	Pahat bubut luar	Material: <i>Carbide</i>
2	T2	Pahat bubut dalam	Material: <i>Carbide</i>
4	T4	<i>Center drill</i>	Material: HSS Jumlah mata potong (z): 2
8	T8	<i>Twistdrill</i> Ø 12 mm	Material: HSS Jumlah mata potong (z): 2
6	T6	<i>Twistdrill</i> Ø 19.5 mm	Material: HSS Jumlah mata potong (z): 2

#### **B. G Code**

```

=====
Information listing created by : Asus
Date : 1/13/2016 6:02:48 AM
Current work part :
E:\Document\Kuliah\ITS\TA\Peluru\heru\Gambar\Part &
Assembly\New Design\CAM\Fix\sinumeric die 1 ak
tual depan.prt
Node name : heru-pc
=====
%
N0010 G94 G90 G20 N0140 M08
N0020 G50 X0.0 Z0.0 N0150 G94 Z10.
:0030 T07 H00 M06 N0160 Z5.5
N0040 M08 N0170 G97 S2229 M03
N0050 G94 G00 X50. Z10. N0180 G95 G01 Z-.5 F.03
N0060 X44.1314 Z.2 N0190 G04 X2.
N0070 G97 S860 M03 N0200 G94 G00 Z2.5
N0080 G95 G01 X42.9314 N0210 G95 G01 Z-3.5
F.4652 N0220 G94 G00 Z5.5
N0090 X-1.2 N0230 Z10.
N0100 X-2.4 F1. N0240 X0.0 Z0.0
:0250 T08 H01 M06
N0110 G94 G00 X0.0 Z10. N0260 M08
N0120 X0.0 Z0.0 N0270 G94 Z10.
:0130 T04 H01 M06 N0280 Z5.5

```

N0290	G97	S557	M03	N0790	G94	G00	Z5.5
N0300	G95	G01	Z-.5	F.11	N0800	Z-47.5	
N0310	G94	G00	Z5.5	N0810	G95	G01	Z-51.5
N0320	Z.5			N0820	G94	G00	Z5.5
N0330	G95	G01	Z-3.5	N0830	Z10.		
N0340	G94	G00	Z5.5	N0840	X0.0	Z0.0	
N0350	Z-2.5			:0850	T06	H01	M06
N0360	G95	G01	Z-6.5	N0860	M08		
N0370	G94	G00	Z5.5	N0870	G94	Z10.	
N0380	Z-5.5			N0880	Z5.		
N0390	G95	G01	Z-9.5	N0890	G97	S334	M03
N0400	G94	G00	Z5.5	N0900	G95	G01	Z-1. F.2
N0410	Z-8.5			N0910	G94	G00	Z5.
N0420	G95	G01	Z-12.5	N0920	Z2.		
N0430	G94	G00	Z5.5	N0930	G95	G01	Z-4.
N0440	Z-11.5			N0940	G94	G00	Z5.
N0450	G95	G01	Z-15.5	N0950	Z-1.		
N0460	G94	G00	Z5.5	N0960	G95	G01	Z-7.
N0470	Z-14.5			N0970	G94	G00	Z5.
N0480	G95	G01	Z-18.5	N0980	Z-4.		
N0490	G94	G00	Z5.5	N0990	G95	G01	Z-10.
N0500	Z-17.5			N1000	G94	G00	Z5.
N0510	G95	G01	Z-21.5	N1010	Z-7.		
N0520	G94	G00	Z5.5	N1020	G95	G01	Z-13.
N0530	Z-20.5			N1030	G94	G00	Z5.
N0540	G95	G01	Z-24.5	N1040	Z-10.		
N0550	G94	G00	Z5.5	N1050	G95	G01	Z-16.
N0560	Z-23.5			N1060	G94	G00	Z5.
N0570	G95	G01	Z-27.5	N1070	Z-13.		
N0580	G94	G00	Z5.5	N1080	G95	G01	Z-19.
N0590	Z-26.5			N1090	G94	G00	Z5.
N0600	G95	G01	Z-30.5	N1100	Z-16.		
N0610	G94	G00	Z5.5	N1110	G95	G01	Z-22.
N0620	Z-29.5			N1120	G94	G00	Z5.
N0630	G95	G01	Z-33.5	N1130	Z-19.		
N0640	G94	G00	Z5.5	N1140	G95	G01	Z-25.
N0650	Z-32.5			N1150	G94	G00	Z5.
N0660	G95	G01	Z-36.5	N1160	Z-22.		
N0670	G94	G00	Z5.5	N1170	G95	G01	Z-28.
N0680	Z-35.5			N1180	G94	G00	Z5.
N0690	G95	G01	Z-39.5	N1190	Z-25.		
N0700	G94	G00	Z5.5	N1200	G95	G01	Z-31.
N0710	Z-38.5			N1210	G94	G00	Z5.
N0720	G95	G01	Z-42.5	N1220	Z-28.		
N0730	G94	G00	Z5.5	N1230	G95	G01	Z-34.
N0740	Z-41.5			N1240	G94	G00	Z5.
N0750	G95	G01	Z-45.5	N1250	Z-31.		
N0760	G94	G00	Z5.5	N1260	G95	G01	Z-37.
N0770	Z-44.5			N1270	G94	G00	Z5.
N0780	G95	G01	Z-48.5	N1280	Z-34.		

N1290 G95 G01 Z-40.  
 N1300 G94 G00 Z5.  
 N1310 Z-37.  
 N1320 G95 G01 Z-43.  
 N1330 G94 G00 Z5.  
 N1340 Z-40.  
 N1350 G95 G01 Z-46.  
 N1360 G94 G00 Z5.  
 N1370 Z-43.  
 N1380 G95 G01 Z-49.  
 N1390 G94 G00 Z5.  
 N1400 Z-46.  
 N1410 G95 G01 Z-52.  
 N1420 G94 G00 Z5.  
 N1430 Z10.  
 N1440 X0.0 Z0.0  
 :1450 T02 H00 M06  
 N1460 M08  
 N1470 G94 X12. Z10.  
 N1480 X10.4729 Z3.6  
 N1490 G97 S1173 M03  
 N1500 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N1510 Z-15.8 F.3  
 N1520 X10. F.3409  
 N1530 X9.7172 Z-15.5172  
 F.5  
 N1540 G94 G00 X9.4729  
 N1550 Z3.6  
 N1560 X10.9458  
 N1570 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N1580 Z-15.8  
 N1590 X10.4729  
 N1600 X10.1901 Z-15.5172  
 F.5  
 N1610 G94 G00 X9.9458  
 N1620 Z3.6  
 N1630 X11.4188  
 N1640 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N1650 Z-15.8  
 N1660 X10.9458  
 N1670 X10.663 Z-15.5172  
 F.5  
 N1680 G94 G00 X10.4188  
 N1690 Z3.6  
 N1700 X11.8917  
 N1710 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N1720 Z-15.8  
 N1730 X11.4188  
 N1740 X11.1359 Z-15.5172  
 F.5

N1750 G94 G00 X10.8917  
 N1760 Z3.6  
 N1770 X12.3646  
 N1780 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N1790 Z-15.8  
 N1800 X11.8917  
 N1810 X11.6088 Z-15.5172  
 F.5  
 N1820 G94 G00 X11.3646  
 N1830 Z3.6  
 N1840 X12.8375  
 N1850 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N1860 Z-15.8  
 N1870 X12.3646  
 N1880 X12.0817 Z-15.5172  
 F.5  
 N1890 G94 G00 X11.8375  
 N1900 Z3.6  
 N1910 X13.3104  
 N1920 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N1930 Z-15.8  
 N1940 X12.8375  
 N1950 X12.5547 Z-15.5172  
 F.5  
 N1960 G94 G00 X12.3104  
 N1970 Z3.6  
 N1980 X13.7833  
 N1990 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N2000 Z-15.8  
 N2010 X13.3104  
 N2020 X13.0276 Z-15.5172  
 F.5  
 N2030 G94 G00 X12.7833  
 N2040 Z3.6  
 N2050 X14.2563  
 N2060 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N2070 Z-15.8  
 N2080 X13.7833  
 N2090 X13.5005 Z-15.5172  
 F.5  
 N2100 G94 G00 X13.2563  
 N2110 Z3.6  
 N2120 X14.7292  
 N2130 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N2140 Z-15.8  
 N2150 X14.2563  
 N2160 X13.9734 Z-15.5172  
 F.5  
 N2170 G94 G00 X13.7292  
 N2180 Z3.6

N2190 X15.2021  
 N2200 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N2210 Z-15.8  
 N2220 X14.7292  
 N2230 X14.4463 Z-15.5172  
 F.5  
 N2240 G94 G00 X14.2021  
 N2250 Z3.6  
 N2260 X15.675  
 N2270 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N2280 Z-15.8  
 N2290 X15.2021  
 N2300 X14.9192 Z-15.5172  
 F.5  
 N2310 G94 G00 X14.675  
 N2320 Z3.6  
 N2330 X16.13  
 N2340 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N2350 Z-9.0442  
 N2360 X15.8318 Z-9.8634  
 N2370 G02 X15.675 Z-  
 10.7527 I2.4432 K-.8893  
 N2380 G01 X15.3922 Z-  
 10.4698 F.5  
 N2390 G94 G00 X15.13  
 N2400 Z3.6  
 N2410 X16.5849  
 N2420 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N2430 Z-7.7942  
 N2440 X16.13 Z-9.0442  
 N2450 X15.8471 Z-8.7614  
 F.5  
 N2460 G94 G00 X15.5849  
 N2470 Z3.6  
 N2480 X17.0399  
 N2490 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N2500 Z-6.5442  
 N2510 X16.5849 Z-7.7942  
 N2520 X16.3021 Z-7.5114  
 F.5  
 N2530 G94 G00 X16.0399  
 N2540 Z3.6  
 N2550 X17.4949  
 N2560 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N2570 Z-5.2942  
 N2580 X17.0399 Z-6.5442  
 N2590 X16.757 Z-6.2614 F.5  
 N2600 G94 G00 X16.4949  
 N2610 Z3.6  
 N2620 X17.9498  
 N2630 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N2640 Z-4.0442  
 N2650 X17.4949 Z-5.2942  
 N2660 X17.212 Z-5.0114 F.5  
 N2670 G94 G00 X16.9498  
 N2680 Z3.6  
 N2690 X18.4048  
 N2700 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N2710 Z-2.7942  
 N2720 X17.9498 Z-4.0442  
 N2730 X17.667 Z-3.7614 F.5  
 N2740 G94 G00 X17.4048  
 N2750 Z3.6  
 N2760 X18.8597  
 N2770 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N2780 Z-1.5442  
 N2790 X18.4048 Z-2.7942  
 N2800 X18.1219 Z-2.5114  
 F.5  
 N2810 G94 G00 X17.8597  
 N2820 Z3.6  
 N2830 X19.3147  
 N2840 G95 G01 Z3.2 F.3409  
 N2850 Z-.2942  
 N2860 X18.8597 Z-1.5442  
 N2870 X18.5769 Z-1.2614  
 F.5  
 N2880 G94 G00 X15.  
 N2890 Z5.  
 N2900 X18.7147 Z.9464  
 N2910 G95 G03 X19.5147  
 Z.1464 I0.0 K-.8 F.341  
 N2920 G97 S1173 M03  
 N2930 G01 Z-.3295 F.25  
 N2940 X16.0197 Z-9.9318  
 N2950 G02 X15.875 Z-  
 10.7527 I2.2553 K-.8208  
 N2960 G01 Z-16.  
 N2970 X10.0536  
 N2980 G03 X9.2536 Z-15.2  
 I0.0 K.8 F.5  
 N2990 G94 G00 X12. Z10.  
 N3000 X15. Z5.  
 :3010 T07 H00 M06  
 N3020 M08  
 N3030 G94 X50. Z10.  
 N3040 X39.1 Z4.3619  
 N3050 G97 S440 M03  
 N3060 G95 G01 Z3.1619 F.5  
 N3070 Z-33.3



N3080 X40.  
 N3090 X40.8485 Z-32.4515  
 F1.  
 N3100 G94 G00 Z4.4  
 N3110 X38.2  
 N3120 G95 G01 Z3.2 F.5  
 N3130 Z-33.3  
 N3140 X39.1  
 N3150 X39.9485 Z-32.4515  
 F1.  
 N3160 G94 G00 Z4.4  
 N3170 X37.7  
 N3180 G95 G01 Z3.2 F.5  
 N3190 Z-1.1201  
 N3200 X38.2 Z-1.6201  
 N3210 X39.0485 Z-.7716 F1.  
 N3220 G94 G00 Z4.4  
 N3230 X37.2  
 N3240 G95 G01 Z3.2 F.5  
 N3250 Z-.6201  
 N3260 X37.7 Z-1.1201  
 N3270 X38.5485 Z-.2716 F1.  
 N3280 G94 G00 X45. Z11.  
 N3290 X13.4514 Z0.0

N3300 G97 S715 M03  
 N3310 G95 G01 X14.6514  
 F.25  
 N3320 X36.725 F.5  
 N3330 X37.925 F1.  
 N3340 G94 G00 X40. Z10.  
 N3350 X33.2967 Z2.4002  
 N3360 G95 G02 X35.6965  
 Z0.0 I2.4 K-.0002 F.25  
 N3370 G03 X36.7218 Z-.4247  
 I-.0001 K-1.45  
 N3380 G97 S542 M03  
 N3390 G01 X37.5753 Z-  
 1.2782  
 N3400 G03 X38. Z-2.3036 I-  
 1.0253 K-1.0253  
 N3410 G01 Z-33.5  
 N3420 X39.4633  
 N3430 G02 X41.8633 Z-31.1  
 IO.0 K2.4 F1.  
 N3440 G94 G00 X50. Z10.  
 N3450 M09  
 N3460 M02  
 %

## **Lampiran B.9. G Code Die 1 Sisi Depan (Post-processor Siemens Sinumeric 840D Lathe)**

### **A. Pahat Potong**

Station	Kode Program	Jenis Pahat Potong	Spesifikasi
7	T7	Pahat bubut luar	Material: <i>Carbide</i>
2	T2	Pahat bubut dalam	Material: <i>Carbide</i>
4	T4	<i>Center drill</i>	Material: HSS Jumlah mata potong (z): 2
8	T8	<i>Twistdrill</i> Ø 12 mm	Material: HSS Jumlah mata potong (z): 2
6	T6	<i>Twistdrill</i> Ø 19.5 mm	Material: HSS Jumlah mata potong (z): 2

### **B. G Code**

```

=====
Information listing created by : Asus
Date : 1/13/2016 5:54:24 AM
Current work part :
E:\Document\Kuliah\ITS\TA\Peluru\heru\Gambar\Part &
Assembly\New Design\CAM\Fix\sinumeric die 1 ak
tual depan.prt
Node name : heru-pc
=====
N10 G40 G18 G710 G90
N20 ;Operation : FACING
N30 DIAMON
N40 T7
N50 M06
N60 G54
N70 M08
N80 G95 S860 M03
N90 G00 X100. Z10. D01
N100 X88.263 Z.2
N110 G01 X85.863 F.5
N120 X-2.4
N130 X-4.8 F1.
N140 G00 X0.0 Z10.

N150 ;Operation :
CENTER DRILL
N160 DIAMON
N170 T4
N180 M06
N190 M08
N200 G95 S2229 M03
N210 X0.0 Z10.
N220 Z5.5
N230 G01 Z-.5 F.03
N240 G04 F2.
N250 G00 Z2.5
N260 G01 Z-3.5
N270 G04 F2.
N280 G00 Z5.5

```

N290 Z10.  
 N300 ;Operation :  
 DRILLING\_D12  
 N310 DIAMON  
 N320 T8  
 N330 M06  
 N340 M08  
 N350 G95 S557 M03  
 N360 X0.0 Z10.  
 N370 Z5.5  
 N380 G01 Z-.5 F.11  
 N390 G00 Z5.5  
 N400 Z.5  
 N410 G01 Z-3.5  
 N420 G00 Z5.5  
 N430 Z-2.5  
 N440 G01 Z-6.5  
 N450 G00 Z5.5  
 N460 Z-5.5  
 N470 G01 Z-9.5  
 N480 G00 Z5.5  
 N490 Z-8.5  
 N500 G01 Z-12.5  
 N510 G00 Z5.5  
 N520 Z-11.5  
 N530 G01 Z-15.5  
 N540 G00 Z5.5  
 N550 Z-14.5  
 N560 G01 Z-18.5  
 N570 G00 Z5.5  
 N580 Z-17.5  
 N590 G01 Z-21.5  
 N600 G00 Z5.5  
 N610 Z-20.5  
 N620 G01 Z-24.5  
 N630 G00 Z5.5  
 N640 Z-23.5  
 N650 G01 Z-27.5  
 N660 G00 Z5.5  
 N670 Z-26.5  
 N680 G01 Z-30.5  
 N690 G00 Z5.5  
 N700 Z-29.5  
 N710 G01 Z-33.5  
 N720 G00 Z5.5  
 N730 Z-32.5  
 N740 G01 Z-36.5  
 N750 G00 Z5.5  
 N760 Z-35.5  
 N770 G01 Z-39.5

N780 G00 Z5.5  
 N790 Z-38.5  
 N800 G01 Z-42.5  
 N810 G00 Z5.5  
 N820 Z-41.5  
 N830 G01 Z-45.5  
 N840 G00 Z5.5  
 N850 Z-44.5  
 N860 G01 Z-48.5  
 N870 G00 Z5.5  
 N880 Z-47.5  
 N890 G01 Z-51.5  
 N900 G00 Z5.5  
 N910 Z10.  
 N920 ;Operation :  
 DRILLING\_D20  
 N930 DIAMON  
 N940 T6  
 N950 M06  
 N960 M08  
 N970 G95 S334 M03  
 N980 X0.0 Z10.  
 N990 Z5.  
 N1000 G01 Z-1. F.2  
 N1010 G00 Z5.  
 N1020 Z2.  
 N1030 G01 Z-4.  
 N1040 G00 Z5.  
 N1050 Z-1.  
 N1060 G01 Z-7.  
 N1070 G00 Z5.  
 N1080 Z-4.  
 N1090 G01 Z-10.  
 N1100 G00 Z5.  
 N1110 Z-7.  
 N1120 G01 Z-13.  
 N1130 G00 Z5.  
 N1140 Z-10.  
 N1150 G01 Z-16.  
 N1160 G00 Z5.  
 N1170 Z-13.  
 N1180 G01 Z-19.  
 N1190 G00 Z5.  
 N1200 Z-16.  
 N1210 G01 Z-22.  
 N1220 G00 Z5.  
 N1230 Z-19.  
 N1240 G01 Z-25.  
 N1250 G00 Z5.  
 N1260 Z-22.

N1270	G01	Z-28.	N1760	G01	Z3.2
N1280	G00	Z5.	N1770	Z-15.8	
N1290	Z-25.		N1780	X21.892	
N1300	G01	Z-31.	N1790	X21.326	Z-15.517
N1310	G00	Z5.	N1800	G00	X20.838
N1320	Z-28.		N1810	Z3.6	
N1330	G01	Z-34.	N1820	X23.783	
N1340	G00	Z5.	N1830	G01	Z3.2
N1350	Z-31.		N1840	Z-15.8	
N1360	G01	Z-37.	N1850	X22.838	
N1370	G00	Z5.	N1860	X22.272	Z-15.517
N1380	Z-34.		N1870	G00	X21.783
N1390	G01	Z-40.	N1880	Z3.6	
N1400	G00	Z5.	N1890	X24.729	
N1410	Z-37.		N1900	G01	Z3.2
N1420	G01	Z-43.	N1910	Z-15.8	
N1430	G00	Z5.	N1920	X23.783	
N1440	Z-40.		N1930	X23.218	Z-15.517
N1450	G01	Z-46.	N1940	G00	X22.729
N1460	G00	Z5.	N1950	Z3.6	
N1470	Z-43.		N1960	X25.675	
N1480	G01	Z-49.	N1970	G01	Z3.2
N1490	G00	Z5.	N1980	Z-15.8	
N1500	Z-46.		N1990	X24.729	
N1510	G01	Z-52.	N2000	X24.163	Z-15.517
N1520	G00	Z5.	N2010	G00	X23.675
N1530	Z10.		N2020	Z3.6	
N1540	;Operation :				
	ROUGH BORE_ID				
N1550	DIAMON				
N1560	T2				
N1570	M06				
N1580	M08				
N1590	G95 S1173 M03				
N1600	X24. Z10.				
N1610	X20.946 Z3.6				
N1620	G01 Z3.2 F.5				
N1630	Z-15.8 F.3				
N1640	X20. F.5				
N1650	X19.434 Z-15.517				
N1660	G00 X18.946				
N1670	Z3.6				
N1680	X21.892				
N1690	G01 Z3.2				
N1700	Z-15.8				
N1710	X20.946				
N1720	X20.38 Z-15.517				
N1730	G00 X19.892				
N1740	Z3.6				
N1750	X22.838				
			N2030	X26.621	
			N2040	G01	Z3.2
			N2050	Z-15.8	
			N2060	X25.675	
			N2070	X25.109	Z-15.517
			N2080	G00	X24.621
			N2090	Z3.6	
			N2100	X27.567	
			N2110	G01	Z3.2
			N2120	Z-15.8	
			N2130	X26.621	
			N2140	X26.055	Z-15.517
			N2150	G00	X25.567
			N2160	Z3.6	
			N2170	X28.513	
			N2180	G01	Z3.2
			N2190	Z-15.8	
			N2200	X27.567	
			N2210	X27.001	Z-15.517
			N2220	G00	X26.513
			N2230	Z3.6	
			N2240	X29.458	
			N2250	G01	Z3.2

N2260	Z-15.8	N2750	G01 Z3.2
N2270	X28.513	N2760	Z-4.044
N2280	X27.947 Z-15.517	N2770	X34.99 Z-5.294
N2290	G00 X27.458	N2780	X34.424 Z-5.011
N2300	Z3.6	N2790	G00 X33.9
N2310	X30.404	N2800	Z3.6
N2320	G01 Z3.2	N2810	X36.81
N2330	Z-15.8	N2820	G01 Z3.2
N2340	X29.458	N2830	Z-2.794
N2350	X28.893 Z-15.517	N2840	X35.9 Z-4.044
N2360	G00 X28.404	N2850	X35.334 Z-3.761
N2370	Z3.6	N2860	G00 X34.81
N2380	X31.35	N2870	Z3.6
N2390	G01 Z3.2	N2880	X37.719
N2400	Z-15.8	N2890	G01 Z3.2
N2410	X30.404	N2900	Z-1.544
N2420	X29.838 Z-15.517	N2910	X36.81 Z-2.794
N2430	G00 X29.35	N2920	X36.244 Z-2.511
N2440	Z3.6	N2930	G00 X35.719
N2450	X32.26	N2940	Z3.6
N2460	G01 Z3.2	N2950	X38.629
N2470	Z-9.044	N2960	G01 Z3.2
N2480	X31.664 Z-9.863	N2970	Z-.294
N2490	G02 X31.35 Z-10.753	N2980	X37.719 Z-1.544
I2.443	K-.889	N2990	X37.154 Z-1.261
N2500	G01 X30.784 Z-10.47	N3000	G00 X30.
N2510	G00 X30.26	N3010	Z5.
N2520	Z3.6	N3020	;Operation :
N2530	X33.17	FINISH_BORE_ID	
N2540	G01 Z3.2	N3030	DIAMON
N2550	Z-7.794	N3040	G95 S1173 M03
N2560	X32.26 Z-9.044	N3050	X37.429 Z.946
N2570	X31.694 Z-8.761	N3060	G03 X39.029 Z.146
N2580	G00 X31.17	I0.0	K-.8
N2590	Z3.6	N3070	G01 Z-.329 F.25
N2600	X34.08	N3080	X32.039 Z-9.932
N2610	G01 Z3.2	N3090	G02 X31.75 Z-10.753
N2620	Z-6.544	I2.255	K-.821
N2630	X33.17 Z-7.794	N3100	G01 Z-16.
N2640	X32.604 Z-7.511	N3110	X20.107
N2650	G00 X32.08	N3120	G03 X18.507 Z-15.2
N2660	Z3.6	I0.0	K.8 F.5
N2670	X34.99	N3130	G00 X24. Z10.
N2680	G01 Z3.2	N3140	;Operation :
N2690	Z-5.294	ROUGH_TURN_OD	
N2700	X34.08 Z-6.544	N3150	DIAMON
N2710	X33.514 Z-6.261	N3160	T7
N2720	G00 X32.99	N3170	M06
N2730	Z3.6	N3180	M08
N2740	X35.9	N3190	G95 S440 M03

N3200 X100. Z10.  
 N3210 X78.2 Z4.362  
 N3220 G01 Z3.162 F.5  
 N3230 Z-33.3  
 N3240 X80.  
 N3250 X81.697 Z-32.451 F1.  
 N3260 G00 Z4.4  
 N3270 X76.4  
 N3280 G01 Z3.2 F.5  
 N3290 Z-33.3  
 N3300 X78.2  
 N3310 X79.897 Z-32.451 F1.  
 N3320 G00 Z4.4  
 N3330 X75.4  
 N3340 G01 Z3.2 F.5  
 N3350 Z-1.12  
 N3360 X76.4 Z-1.62  
 N3370 X78.097 Z-.772 F1.  
 N3380 G00 Z4.4  
 N3390 X74.4  
 N3400 G01 Z3.2 F.5  
 N3410 Z-.62  
 N3420 X75.4 Z-1.12  
 N3430 X77.097 Z-.272 F1.  
 N3440 G00 X90. Z11.  
 N3450 ;Operation :  
 FINISH\_FACING

N3460 DIAMON  
 N3470 G95 S715 M03  
 N3480 X26.903 Z0.0  
 N3490 G01 X29.303 F.25  
 N3500 X73.45 F.5  
 N3510 X75.85 F1.  
 N3520 G00 X80. Z10.  
 N3530 ;Operation :  
 FINISH\_TURN\_OD  
 N3540 DIAMON  
 N3550 G95 S542 M03  
 N3560 X66.593 Z2.4  
 N3570 G02 X71.393 Z0.0  
 I2.4 K0.0 F.25  
 N3580 G03 X73.444 Z-.425  
 I0.0 K-1.45  
 N3590 G01 X75.151 Z-1.278  
 N3600 G03 X76. Z-2.304 I-  
 1.025 K-1.025  
 N3610 G01 Z-33.5  
 N3620 X78.927  
 N3630 G02 X83.727 Z-31.1  
 I0.0 K2.4 F1.  
 N3640 G00 X100. Z10.  
 N3650 M09  
 N3660 M30

**Lampiran B.10. G Code Die 1 Sisi Depan (Post-processor  
Siemens Sinumerik 802D sl)**

**A. Pahat Potong**

Station	Kode Program	Jenis Pahat Potong	Spesifikasi
7	T7	Pahat bubut luar	Material: <i>Carbide</i>
2	T2	Pahat bubut dalam	Material: <i>Carbide</i>
4	T4	<i>Center drill</i>	Material: HSS Jumlah mata potong (z): 2
8	T8	<i>Twistdrill</i> Ø 12 mm	Material: HSS Jumlah mata potong (z): 2
6	T6	<i>Twistdrill</i> Ø 19.5 mm	Material: HSS Jumlah mata potong (z): 2

**B. G Code**

```

=====
Information listing created by : Asus
Date : 1/9/2016 5:46:00 AM
Current work part :
E:\Document\Kuliah\ITS\TA\Peluru\heru\Gambar\Part &
Assembly\New Design\CAM\Fix\sinumeric die 1 ak
tual depan.prt
Node name : heru-pc
=====
N10 G40 G18 G710 G90
N20 ;Operation : FACING
N30 DIAMON
N40 G75 X0.0 Z0.0
N50 T7
N60 M06
N70 G54
N80 M08
N90 G95 S860 M03
N100 G00 X100. Z10. D01
N110 X88.263 Z.2
N120 G01 X85.863 F.5
N130 X-2.4
N140 X-4.8 F1.
N150 G00 X0.0 Z10.

N160 ;Operation :
CENTER_DRILL
N170 DIAMON
N180 G75 X0.0 Z0.0
N190 T4
N200 M06
N210 M08
N220 G95 S2229 M03
N230 X0.0 Z10.
N240 Z5.5
N250 G01 Z-.5 F.03
N260 G04 F2.
N270 G00 Z2.5
N280 G01 Z-3.5
N290 G04 F2.

```

N300 G00 Z5.5  
 N310 Z10.  
 N320 ;Operation :  
 DRILLING D12  
 N330 DIAMON  
 N340 G75 X0.0 Z0.0  
 N350 T8  
 N360 M06  
 N370 M08  
 N380 G95 S557 M03  
 N390 X0.0 Z10.  
 N400 Z5.5  
 N410 G01 Z-.5 F.11  
 N420 G00 Z5.5  
 N430 Z.5  
 N440 G01 Z-3.5  
 N450 G00 Z5.5  
 N460 Z-2.5  
 N470 G01 Z-6.5  
 N480 G00 Z5.5  
 N490 Z-5.5  
 N500 G01 Z-9.5  
 N510 G00 Z5.5  
 N520 Z-8.5  
 N530 G01 Z-12.5  
 N540 G00 Z5.5  
 N550 Z-11.5  
 N560 G01 Z-15.5  
 N570 G00 Z5.5  
 N580 Z-14.5  
 N590 G01 Z-18.5  
 N600 G00 Z5.5  
 N610 Z-17.5  
 N620 G01 Z-21.5  
 N630 G00 Z5.5  
 N640 Z-20.5  
 N650 G01 Z-24.5  
 N660 G00 Z5.5  
 N670 Z-23.5  
 N680 G01 Z-27.5  
 N690 G00 Z5.5  
 N700 Z-26.5  
 N710 G01 Z-30.5  
 N720 G00 Z5.5  
 N730 Z-29.5  
 N740 G01 Z-33.5  
 N750 G00 Z5.5  
 N760 Z-32.5  
 N770 G01 Z-36.5  
 N780 G00 Z5.5

N790 Z-35.5  
 N800 G01 Z-39.5  
 N810 G00 Z5.5  
 N820 Z-38.5  
 N830 G01 Z-42.5  
 N840 G00 Z5.5  
 N850 Z-41.5  
 N860 G01 Z-45.5  
 N870 G00 Z5.5  
 N880 Z-44.5  
 N890 G01 Z-48.5  
 N900 G00 Z5.5  
 N910 Z-47.5  
 N920 G01 Z-51.5  
 N930 G00 Z5.5  
 N940 Z10.  
 N950 ;Operation :  
 DRILLING D20  
 N960 DIAMON  
 N970 G75 X0.0 Z0.0  
 N980 T6  
 N990 M06  
 N1000 M08  
 N1010 G95 S334 M03  
 N1020 X0.0 Z10.  
 N1030 Z5.  
 N1040 G01 Z-1. F.2  
 N1050 G00 Z5.  
 N1060 Z2.  
 N1070 G01 Z-4.  
 N1080 G00 Z5.  
 N1090 Z-1.  
 N1100 G01 Z-7.  
 N1110 G00 Z5.  
 N1120 Z-4.  
 N1130 G01 Z-10.  
 N1140 G00 Z5.  
 N1150 Z-7.  
 N1160 G01 Z-13.  
 N1170 G00 Z5.  
 N1180 Z-10.  
 N1190 G01 Z-16.  
 N1200 G00 Z5.  
 N1210 Z-13.  
 N1220 G01 Z-19.  
 N1230 G00 Z5.  
 N1240 Z-16.  
 N1250 G01 Z-22.  
 N1260 G00 Z5.  
 N1270 Z-19.



N1280	G01	Z-25.	N1770	X20.38	Z-15.517
N1290	G00	Z5.	N1780	G00	X19.892
N1300	Z-22.		N1790	Z3.6	
N1310	G01	Z-28.	N1800	X22.838	
N1320	G00	Z5.	N1810	G01	Z3.2
N1330	Z-25.		N1820	Z-15.8	
N1340	G01	Z-31.	N1830	X21.892	
N1350	G00	Z5.	N1840	X21.326	Z-15.517
N1360	Z-28.		N1850	G00	X20.838
N1370	G01	Z-34.	N1860	Z3.6	
N1380	G00	Z5.	N1870	X23.783	
N1390	Z-31.		N1880	G01	Z3.2
N1400	G01	Z-37.	N1890	Z-15.8	
N1410	G00	Z5.	N1900	X22.838	
N1420	Z-34.		N1910	X22.272	Z-15.517
N1430	G01	Z-40.	N1920	G00	X21.783
N1440	G00	Z5.	N1930	Z3.6	
N1450	Z-37.		N1940	X24.729	
N1460	G01	Z-43.	N1950	G01	Z3.2
N1470	G00	Z5.	N1960	Z-15.8	
N1480	Z-40.		N1970	X23.783	
N1490	G01	Z-46.	N1980	X23.218	Z-15.517
N1500	G00	Z5.	N1990	G00	X22.729
N1510	Z-43.		N2000	Z3.6	
N1520	G01	Z-49.	N2010	X25.675	
N1530	G00	Z5.	N2020	G01	Z3.2
N1540	Z-46.		N2030	Z-15.8	
N1550	G01	Z-52.	N2040	X24.729	
N1560	G00	Z5.	N2050	X24.163	Z-15.517
N1570	Z10.		N2060	G00	X23.675
N1580	;Operation :		N2070	Z3.6	
ROUGH_BORE_ID			N2080	X26.621	
N1590	DIAMON		N2090	G01	Z3.2
N1600	G75	X0.0 Z0.0	N2100	Z-15.8	
N1610	T2		N2110	X25.675	
N1620	M06		N2120	X25.109	Z-15.517
N1630	M08		N2130	G00	X24.621
N1640	G95	S1173 M03	N2140	Z3.6	
N1650	X24.	Z10.	N2150	X27.567	
N1660	X20.946	Z3.6	N2160	G01	Z3.2
N1670	G01	Z3.2 F.5	N2170	Z-15.8	
N1680	Z-15.8	F.3	N2180	X26.621	
N1690	X20.	F.5	N2190	X26.055	Z-15.517
N1700	X19.434	Z-15.517	N2200	G00	X25.567
N1710	G00	X18.946	N2210	Z3.6	
N1720	Z3.6		N2220	X28.513	
N1730	X21.892		N2230	G01	Z3.2
N1740	G01	Z3.2	N2240	Z-15.8	
N1750	Z-15.8		N2250	X27.567	
N1760	X20.946		N2260	X27.001	Z-15.517

N2270	G00	X26.513	N2760	X33.514	Z-6.261	
N2280	Z3.6		N2770	G00	X32.99	
N2290	X29.458		N2780	Z3.6		
N2300	G01	Z3.2	N2790	X35.9		
N2310	Z-15.8		N2800	G01	Z3.2	
N2320	X28.513		N2810	Z-4.044		
N2330	X27.947	Z-15.517	N2820	X34.99	Z-5.294	
N2340	G00	X27.458	N2830	X34.424	Z-5.011	
N2350	Z3.6		N2840	G00	X33.9	
N2360	X30.404		N2850	Z3.6		
N2370	G01	Z3.2	N2860	X36.81		
N2380	Z-15.8		N2870	G01	Z3.2	
N2390	X29.458		N2880	Z-2.794		
N2400	X28.893	Z-15.517	N2890	X35.9	Z-4.044	
N2410	G00	X28.404	N2900	X35.334	Z-3.761	
N2420	Z3.6		N2910	G00	X34.81	
N2430	X31.35		N2920	Z3.6		
N2440	G01	Z3.2	N2930	X37.719		
N2450	Z-15.8		N2940	G01	Z3.2	
N2460	X30.404		N2950	Z-1.544		
N2470	X29.838	Z-15.517	N2960	X36.81	Z-2.794	
N2480	G00	X29.35	N2970	X36.244	Z-2.511	
N2490	Z3.6		N2980	G00	X35.719	
N2500	X32.26		N2990	Z3.6		
N2510	G01	Z3.2	N3000	X38.629		
N2520	Z-9.044		N3010	G01	Z3.2	
N2530	X31.664	Z-9.863	N3020	Z-.294		
N2540	G02	X31.35	Z-10.753	N3030	X37.719	Z-1.544
I2.443	K-	.889	N3040	X37.154	Z-1.261	
N2550	G01	X30.784	Z-10.47	N3050	G00	X30.
N2560	G00	X30.26		N3060	Z5.	
N2570	Z3.6		N3070	;Operation :		
N2580	X33.17			FINISH_BORE_ID		
N2590	G01	Z3.2	N3080	DIAMON		
N2600	Z-7.794		N3090	G95	S1173	M03
N2610	X32.26	Z-9.044	N3100	X37.429	Z.946	
N2620	X31.694	Z-8.761	N3110	G03	X39.029	Z.146
N2630	G00	X31.17		I0.0 K-.8		
N2640	Z3.6		N3120	G01	Z-.329	F.25
N2650	X34.08		N3130	X32.039	Z-9.932	
N2660	G01	Z3.2	N3140	G02	X31.75	Z-10.753
N2670	Z-6.544			I2.255 K-.821		
N2680	X33.17	Z-7.794	N3150	G01	Z-16.	
N2690	X32.604	Z-7.511	N3160	X20.107		
N2700	G00	X32.08	N3170	G03	X18.507	Z-15.2
N2710	Z3.6			I0.0 K.8 F.5		
N2720	X34.99		N3180	G00	X24.	Z10.
N2730	G01	Z3.2	N3190	;Operation :		
N2740	Z-5.294			ROUGH_TURN_OD		
N2750	X34.08	Z-6.544	N3200	DIAMON		

N3210 G75 X0.0 Z0.0  
 N3220 T7  
 N3230 M06  
 N3240 M08  
 N3250 G95 S440 M03  
 N3260 X100. Z10.  
 N3270 X78.2 Z4.362  
 N3280 G01 Z3.162 F.5  
 N3290 Z-33.3  
 N3300 X80.  
 N3310 X81.697 Z-32.451 F1.  
 N3320 G00 Z4.4  
 N3330 X76.4  
 N3340 G01 Z3.2 F.5  
 N3350 Z-33.3  
 N3360 X78.2  
 N3370 X79.897 Z-32.451 F1.  
 N3380 G00 Z4.4  
 N3390 X75.4  
 N3400 G01 Z3.2 F.5  
 N3410 Z-1.12  
 N3420 X76.4 Z-1.62  
 N3430 X78.097 Z-.772 F1.  
 N3440 G00 Z4.4  
 N3450 X74.4  
 N3460 G01 Z3.2 F.5  
 N3470 Z-.62  
 N3480 X75.4 Z-1.12  
 N3490 X77.097 Z-.272 F1.  
 N3500 G00 X90. Z11.

N3510 ;Operation :  
 FINISH\_FACING  
 N3520 DIAMON  
 N3530 G95 S715 M03  
 N3540 X26.903 Z0.0  
 N3550 G01 X29.303 F.25  
 N3560 X73.45 F.5  
 N3570 X75.85 F1.  
 N3580 G00 X80. Z10.  
 N3590 ;Operation :  
 FINISH\_TURN\_OD  
 N3600 DIAMON  
 N3610 G95 S542 M03  
 N3620 X66.593 Z2.4  
 N3630 G02 X71.393 Z0.0  
 I2.4 K0.0 F.25  
 N3640 G03 X73.444 Z-.425  
 I0.0 K-1.45  
 N3650 G01 X75.151 Z-1.278  
 N3660 G03 X76. Z-2.304 I-  
 1.025 K-1.025  
 N3670 G01 Z-33.5  
 N3680 X78.927  
 N3690 G02 X83.727 Z-31.1  
 I0.0 K2.4 F1.  
 N3700 G00 X100. Z10.  
 N3710 M09  
 N3720 G75 X0.0 Z0.0  
 N3730 M30

## **Lampiran B.11. G Code Die 1 Sisi Belakang (Post-processor Siemens Sinumerik 802D sl)**

### **A. Pahat Potong**

Station	Kode Program	Jenis Pahat Potong	Spesifikasi
7	T7	Pahat bubut luar	Material: <i>Carbide</i>
2	T2	Pahat bubut dalam	Material: <i>Carbide</i>

### **B. G Code**

```

=====
Information listing created by :  Asus
Date                        :  1/9/2016 5:50:12 AM
Current work part          :
E:\Document\Kuliah\ITS\TA\Peluru\heru\Gambar\Part &
Assembly\New Design\CAM\Fix\sinumeric die 1 ak
tual belakang.prt
Node name                  :  heru-pc
=====
N10 G40 G18 G710 G90          N240 G01 X9.2 F.5
N20 ;Operation : FACING      N250 X70.
N30 DIAMON                   N260 X72.4 F1.
N40 G75 X0.0 Z0.0           N270 G00 Z10.06
N50 T7                       N280 X6.8
N60 M06                      N290 Z6.08
N70 G54                     N300 G01 X9.2 F.5
N80 M08                     N310 X70.
N90 G95 S688 M03            N320 X72.4 F1.
N100 G00 X16. Z18. D01      N330 G00 Z9.08
N110 X6.841 Z9.02          N340 X6.8
N120 G01 X9.241 F.5         N350 Z5.1
N130 X69.959               N360 G01 X9.2 F.5
N140 X72.359 F1.           N370 X70.
N150 G00 Z12.02            N380 X72.4 F1.
N160 X6.8                  N390 G00 Z8.1
N170 Z8.04                 N400 X6.8
N180 G01 X9.2 F.5          N410 Z4.12
N190 X70.                  N420 G01 X9.2 F.5
N200 X72.4 F1.             N430 X70.
N210 G00 Z11.04            N440 X72.4 F1.
N220 X6.8                  N450 G00 Z7.12
N230 Z7.06                 N460 X6.8

```

N470	Z3.14	N950	G75 X0.0 Z0.0
N480	G01 X9.2 F.5	N960	T2
N490	X70.	N970	M06
N500	X72.4 F1.	N980	M08
N510	G00 Z6.14	N990	G95 S1128 M03
N520	X6.8	N1000	X24. Z10.
N530	Z2.16	N1010	X21. Z3.4
N540	G01 X9.2 F.5	N1020	G01 Z3. F.5
N550	X70.	N1030	Z-17.8 F.3
N560	X72.4 F1.	N1040	Z-18.2 F.5
N570	G00 Z5.16	N1050	G00 X19.
N580	X6.8	N1060	Z3.4
N590	Z1.18	N1070	X22.
N600	G01 X9.2 F.5	N1080	G01 Z3.
N610	X79.876	N1090	Z-17.8
N620	X82.276 F1.	N1100	Z-18.2
N630	G00 Z4.18	N1110	G00 X20.
N640	X6.8	N1120	Z3.4
N650	Z.2	N1130	X22.999
N660	G01 X9.2 F.5	N1140	G01 Z3.
N670	X80.	N1150	Z-17.8
N680	X82.4 F1.	N1160	Z-18.2
N690	G00 Z3.2	N1170	G00 X20.999
N700	X71.063	N1180	Z3.4
N710	Z1.049	N1190	X23.999
N720	G01 X72.76 Z.2 F.5	N1200	G01 Z3.
N730	X74.76 Z-.8	N1210	Z-17.8
N740	X80.	N1220	Z-18.2
N750	X82.4 F1.	N1230	G00 X21.999
N760	G00 X90. Z10.	N1240	Z3.4
N770	;Operation :	N1250	X24.999
FINISH_FACING		N1260	G01 Z3.
N780	DIAMON	N1270	Z-17.8
N790	G95 S825 M03	N1280	Z-18.2
N800	X7.873 Z0.0	N1290	G00 X22.999
N810	G01 X10.273 F.25	N1300	Z3.4
N820	X73.092 F.5	N1310	X25.999
N830	X75.492 F1.	N1320	G01 Z3.
N840	G00 Z3.	N1330	Z-17.8
N850	X70.897	N1340	Z-18.2
N860	Z.849	N1350	G00 X23.999
N870	G01 X72.594 Z0.0 F.25	N1360	Z3.4
N880	X74.594 Z-1. F.5	N1370	X26.999
N890	X75.293 F.25	N1380	G01 Z3.
N900	X77.693 F1.	N1390	Z-17.8
N910	G00 X80. Z10.	N1400	Z-18.2
N920	M09	N1410	G00 X24.999
N930	;Operation :	N1420	Z3.4
ROUGH_BORE_ID		N1430	X27.999
N940	DIAMON	N1440	G01 Z3.

N1450	Z-17.8	N1950	X35.997
N1460	Z-18.2	N1960	G01 Z3.
N1470	G00 X25.999	N1970	Z-9.649
N1480	Z3.4	N1980	X34.997 Z-11.515
N1490	X28.998	N1990	X34.432 Z-11.232
N1500	G01 Z3.	N2000	G00 X33.997
N1510	Z-17.8	N2010	Z3.4
N1520	Z-18.2	N2020	X36.997
N1530	G00 X26.998	N2030	G01 Z3.
N1540	Z3.4	N2040	Z-7.784
N1550	X29.998	N2050	X35.997 Z-9.649
N1560	G01 Z3.	N2060	X35.431 Z-9.367
N1570	Z-17.8	N2070	G00 X34.997
N1580	Z-18.2	N2080	Z3.4
N1590	G00 X27.998	N2090	X37.997
N1600	Z3.4	N2100	G01 Z3.
N1610	X30.998	N2110	Z-5.918
N1620	G01 Z3.	N2120	X36.997 Z-7.784
N1630	Z-17.8	N2130	X36.431 Z-7.501
N1640	Z-18.2	N2140	G00 X35.997
N1650	G00 X28.998	N2150	Z3.4
N1660	Z3.4	N2160	X38.997
N1670	X31.998	N2170	G01 Z3.
N1680	G01 Z3.	N2180	Z-4.052
N1690	Z-17.112	N2190	X37.997 Z-5.918
N1700	X31.629 Z-17.8	N2200	X37.431 Z-5.635
N1710	X31.064 Z-17.517	N2210	G00 X36.997
N1720	G00 X29.998	N2220	Z3.4
N1730	Z3.4	N2230	X39.996
N1740	X32.998	N2240	G01 Z3.
N1750	G01 Z3.	N2250	Z-2.187
N1760	Z-15.246	N2260	X38.997 Z-4.052
N1770	X31.998 Z-17.112	N2270	X38.431 Z-3.77
N1780	X31.432 Z-16.829	N2280	G00 X37.996
N1790	G00 X30.998	N2290	Z3.4
N1800	Z3.4	N2300	X40.996
N1810	X33.997	N2310	G01 Z3.
N1820	G01 Z3.	N2320	Z-.321
N1830	Z-13.381	N2330	X39.996 Z-2.187
N1840	X32.998 Z-15.246	N2340	X39.431 Z-1.904
N1850	X32.432 Z-14.964	N2350	G00 X30.
N1860	G00 X31.997	N2360	Z5.
N1870	Z3.4	N2370	;Operation :
N1880	X34.997	FINISH_BORE_ID	
N1890	G01 Z3.	N2380	DIAMON
N1900	Z-11.515	N2390	G95 S1135 M03
N1910	X33.997 Z-13.381	N2400	X39.796 Z.751
N1920	X33.432 Z-13.098	N2410	G03 X41.396 Z-.049
N1930	G00 X32.997	I0.0	K-.8
N1940	Z3.4	N2420	G01 Z-.347 F.25

N2430 X31.794 Z-18.265

N2440 X31.75 Z-18.433

N2450 G03 X30.15 Z-19.233

I-.8 K0.0 F.5

N2460 G00 X24.

N2470 Z10.

N2480 G75 X0.0 Z0.0

N2490 M30

## Lampiran B.12. *G Code Die 1 Profil Pencekaman (Post-processor Siemens Sinumerik 802D sl)*

### A. Pahat Potong

Station	Kode Program	Jenis Pahat Potong	Spesifikasi
7	T7	Pahat bubut luar	Material: <i>Carbide</i>

### B. *G Code*

```

=====
Information listing created by : Asus
Date : 1/9/2016 2:57:06 PM
Current work part :
E:\Document\Kuliah\ITS\TA\Peluru\heru\Gambar\Part &
Assembly\New Design\CAM\Fix\sinumeric die 1 ak
tual profil cekam.prt
Node name : heru-pc
=====
N10 G40 G18 G710 G90 N260 X76.667
N20 ;Operation : FACING N270 G01 Z3. F.5
N30 DIAMON N280 Z-8.
N40 G75 X0.0 Z0.0 N290 X78.333
N50 T7 N300 X80.03 Z-7.151 F1.
N60 M06 N310 G00 Z4.2
N70 G54 N320 X75.
N80 M08 N330 G01 Z3. F.5
N90 G95 S860 M03 N340 Z-8.
N100 G00 X100. Z10. D01 N350 X76.667
N110 X88.366 Z0.0 N360 X78.364 Z-7.151 F1.
N120 G01 X85.966 F.5 N370 G00 Z4.2
N130 X-2.4 N380 X73.333
N140 X-4.8 F1. N390 G01 Z3. F.5
N150 G00 X10. Z10. N400 Z-8.
N160 ;Operation : N410 X75.
ROUGH_TURN_OD N420 X76.697 Z-7.151 F1.
N170 DIAMON N430 G00 Z4.2
N180 G95 S459 M03 N440 X71.667
N190 X100. N450 G01 Z3. F.5
N200 X78.333 Z4.143 N460 Z-8.
N210 G01 Z2.943 F.5 N470 X73.333
N220 Z-8. N480 X75.03 Z-7.151 F1.
N230 X80. N490 G00 Z.849
N240 X81.697 Z-7.151 F1. N500 X71.697
N250 G00 Z4.2 N510 G01 X70. Z0.0 F.5

```



N520 Z-8.

N530 X71.667

N540 X73.364 Z-7.151 F1.

N550 G00 X90. Z10.

N560 M09

N570 G75 X0.0 Z0.0

N580 M30

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Schey, John. 2000. *Introduction to Manufacturing Processes*. Boston:McGraw-Hill.
- Artha, Gandhi Widhi. 2015. *Perancangan Die Set Untuk Proses Ironing Selongsong Peluru Kaliber 20 Milimeter*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya.
- Boenasir, Wirawan Sumbodo., Karsono. 2010. *Pembuatan Benda Kerja Menggunakan Mesin Bubut CNC Fanuc Series Oi Mate TC Berbasis Software AutoCAD*. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang.
- Delcam. 2010. *Getting Started in FeatureCAM*. 2011. Delcam plc
- Fischer, Ulrich. 2010. *Lehrmittel Mechanical and Metal Trades Handbook*, Media Print Informationstechnologie.
- Leu, Ming C., A. Thomas., K. Kolan. *NX 9.0 For Engineering Design*. Departement of Mechanical and Aerospace Engineering, Missouri University of Science and Technology.
- Magambo, Sharifa., Liu Ying, 2013. *The NC Machining Post-Processing Technology Based on UG*, Department of Mechanical Manufacturing and Automation, Tianjin University of Technology and Education.
- Pattiasina, Nanse H., Nevada J.M. Nanulaitta., Steanly R.R. Pattiselanno. 2011. *Analisa Keragaman Nilai Kekerasan Baja St-42 Melalui Proses Karburasi Menggunakan Komposisi Baco3 Dan Carbon Dengan Variasi Waktu Penahanan*. Politeknik Negeri Ambon.
- Rochim, Taufiq. 2001. *Spesifikasi, Metrologi, dan Kontrol Kualitas Geometrik*. Bandung: ITB Bandung.
- S, Henkel. *LCF Behavior and Microstructure of Alpha-Brass CuZn30 Under Uniaxial, Planar-Biaxial and Tension-Torsion Loading Conditions*.
- Siemens AG. 2011. *Siemens Sinumerik 802D sl Turning Programing and Operating Manual*. Siemens AG, Germany.
- SolidCAM. 2012. *SolidCAM Milling Training Course*. SolidCAM Ltd.

- Wicaksono, Raditya Adhi. 2011. *Analisa Proses Pemesinan dan Biaya Mesin Hot Press Berbasis PLC*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya.
- Wijanarka, Bernardus Sentot, 2013. *CAD/CAM untuk Mesin Bubut dan Frais CNC: Menggunakan Mastercam 9 dan X3*, Yogyakarta: Deepublish.
- Zahtiar, Ibnu Mahardi., Sampurno. *Analisa Proses Pemesinan dan Biaya Produksi Pada Multi Fixture dengan Bantuan Software Visual Basic*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya.
- <http://www.autodesk.com/solutions/cad-cam>

## BIODATA PENULIS



Heru Setyawan Abriyanto lahir di kota Klaten pada 5 Oktober 1991, merupakan putra kedua dari pasangan Bapak Ngadino dan Ibu Suparti. Pendidikan dasar penulis ditempuh di Prambanan kabupaten Klaten, yaitu di SD N 2 Prambanan (1997-2003). Selanjutnya mayoritas pendidikan penulis ditempuh di Yogyakarta, yaitu SMP N 1 Kalasan (2003-2006), SMK N 2 Depok atau lebih dikenal dengan STM Pembangunan Yogyakarta (2006 - 2010), dan kemudian melanjutkan pada tingkat diploma di Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada (UGM) (2010-2013). Penulis melanjutkan studi ke tahap sarjana melalui program Lintas Jalur di jurusan teknik mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) (2013-2016). Selama kuliah di ITS penulis pernah menjadi asisten mata kuliah CAD, serta pernah menjadi Grader dalam Praktikum Pengukuran Teknik.

Penulis membutuhkan saran membangun untuk membenahi diri agar menjadi lebih baik lagi. Penulis dapat dihubungi melalui email [heru.sa91@gmail.com](mailto:heru.sa91@gmail.com)

***Halaman ini sengaja di kosongkan***